В.И. ВАСИЛЕВСКИЙ, Ю.А. КУПЕЕВ

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ



В. И. ВАСИЛЕВСКИЙ,
Ю. А. КУПЕЕВ

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТРАНСПОРТ»
Москва 1971

УДК 621.43.044.6:629.113

Автомобильные генераторы. Василевский В. И., Купеев Ю. А. Изд-во «Транспорт», 1971 г., стр. 1—156.

В книге даны краткие теоретические основы рабочего процесса в генераторах переменного тока и регуляторах, описаны конструкции и схемы их включения в системы электрооборудования автомобилей и автобусов, техническое обслуживание генераторных установок, методы обнаружения неисправностей и их устранение.

Предназначена для инженерно-технических работников автомобильного транспорта. Рис. 104, табл. 16.

3-18-3
21-71

ВВЕДЕНИЕ

Генераторы постоянного тока долгое время были единственным типом источников электрической энергии, применявшихся для питания потребителей и зарядки аккумуляторной батареи на автомобилях.

В обмотке якоря генераторов постоянного тока индуктируется ток переменного направления (переменный ток), который затем выпрямляется коллектором. Коллектор, таким образом, играет роль выпрямителя. Однако процесс выпрямления тока коллектором связан с искрением под щетками, которое вызывает повышенный износ коллектора и щеток, особенно при большой скорости вращения якоря.

С увеличением мощности и количества потребителей электрической энергии на автомобиле размеры и вес генераторов постоянного тока настолько возросли, что размещать их на двигателях стало трудно, а повышение скорости вращения коленчатого вала двигателя увеличило износ коллектора и щеток. В связи с этим вместо генераторов постоянного тока стали применять автомобильные генераторы переменного тока, в которых преобразование переменного тока в постоянный осуществляется полупроводниковыми выпрямителями.

Комплектно с генераторами переменного тока спроектированы и внедрены в производство новые системы регулирования напряжения вместо прежних вибрационных электромагнитных регуляторов напряжения. К ним относят контактно-транзисторные и бесконтактные транзисторные регуляторы напряжения.

Комплект генератора постоянного тока с реле-регулятором или регулятором напряжения, а также генератора переменного тока с выпрямителем мы будем называть генераторной установкой.

Генераторные установки переменного тока обладают рядом преимуществ по сравнению с генераторными установками постоянного тока.

В генераторе переменного тока отсутствуют коллектор и щетки, снимающие с коллекторных пластин весь ток нагрузки. Вместо них имеются контактные кольца и щетки, служащие для подвода во вращающуюся обмотку лишь небольшого по величине тока возбуждения генератора. Поэтому износ контактных колец и щеток невелик. В транзисторных регуляторах напряжения вообще нет вибрационных контактов, а в контактно-транзи-

сторных регуляторах напряжения вибрационные контакты значительно разгружены и разрывают лишь небольшой ток.

Все это увеличивает срок службы генераторной установки переменного тока почти вдвое по сравнению с генераторной установкой постоянного тока, а повышение срока службы генераторной установки снижает стоимость эксплуатационных затрат.

Сосредоточенная цилиндрическая обмотка возбуждения, клювообразные полюса ротора автомобильного генератора переменного тока и отсутствие коллектора дают возможность при равных габаритных размерах получить бóльшую мощность и сократить расход меди в 3 раза по сравнению с генераторами постоянного тока. Более низкая начальная скорость отдачи генератора переменного тока обеспечивает лучшую зарядку аккумуляторной батареи в условиях городской эксплуатации автомобиля.

Первые автомобильные генераторы переменного тока были спроектированы для работы с селеновыми выпрямителями и вибрационными регуляторами напряжения. Селеновые выпрямители довольно громоздки, и их приходится размещать отдельно от генератора, и потому требовалась дополнительная проводка от генератора к выпрямителю. Кроме того, они недостаточно теплостойки и допускают максимальную рабочую температуру не выше +80°C.

В настоящее время автомобильные генераторы переменного тока выпускают с кремниевыми выпрямителями, встроенными во внутрь генератора, и с контактно-транзисторными или бесконтактными транзисторными регуляторами напряжения.

Появление автомобилей с генераторами переменного тока, существенно отличающихся от классических автомобильных генераторов постоянного тока, требует изучения конструкции, принципов работы, характеристик, правил эксплуатации и ремонта автомобильных генераторов переменного тока, а также комплектующих установку регуляторов напряжения и полупроводниковых приборов.

Все эти вопросы рассмотрены в данной книге в форме, доступной для широкого круга читателей, занятых эксплуатацией автомобилей, оборудованных генераторными установками переменного тока.

Глава I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВКАХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

§ 1. Устройство генераторной установки

Установка электроснабжения автомобилей с генератором переменного тока состоит из трехфазного синхронного генератора с электромагнитным возбуждением, выпрямительного устройства в виде селенового или кремниевого выпрямителя и регулирующего устройства с регулятором напряжения вибрационного, контактно-транзисторного или бесконтактного типа.

В зависимости от способа контроля зарядки аккумуляторной батареи существуют две схемы соединения генераторной установки: схема с амперметром (рис. 1) и схема с контрольной лампой (рис. 2). Во избежание разрядки аккумуляторной батареи на обмотку возбуждения генератора, регулятор напряжения включают в общую цепь через выключатель зажигания.

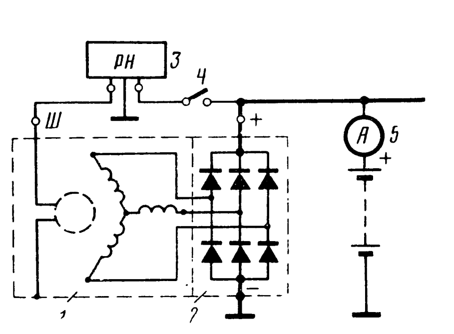


Рис. 1. Схема соединений генераторной установки переменного тока с амперметром для контроля заряда аккумуляторной батареи:

1 — генератор; 2 — выпрямительное устройство; 3 — регулирующее устройство; 4 — выключатель зажигания; 5 — амперметр; Ш — вывод обмотки возбуждения; «+» — плюсовый вывод выпрямителя

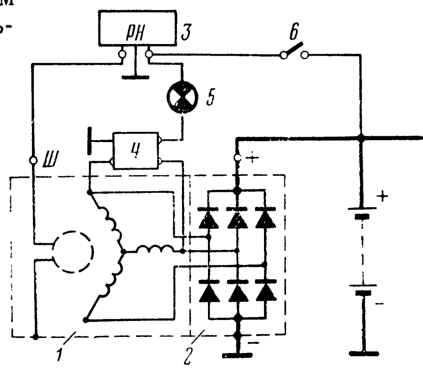


Рис. 2. Схема соединений генераторной установки переменного тока с контрольной лампой заряда аккумуляторной батареи:

1— генератор; 2— выпрямительное устройство; 3—регулирующее устройство; 4—реле контроля заряда; 5 — контрольная лампа; 6 — выключатель зажигания

Особенностью автомобильного трехфазного синхронного генератора (рис. 3) является применение клювообразных полюсов и обмотки возбуждения, состоящей из одной катушки.

В отличие от синхронных явнополюсных генераторов общепромышленного назначения в автомобильных генераторах с клювообразными полюсами магнитные потоки отдельных полюсов

замыкаются через сердечник ротора и образуют полный магнитный поток генератора, равный сумме магнитных потоков всех полюсов одинаковой полярности. Это дает возможность применить одну сосредоточенную обмотку возбуждения простой формы и расходовать на ее изготовление минимальное количество проводникового материала — меди. Концы обмотки возбуждения выводят к контактным кольцам, расположенным на валу ротора.

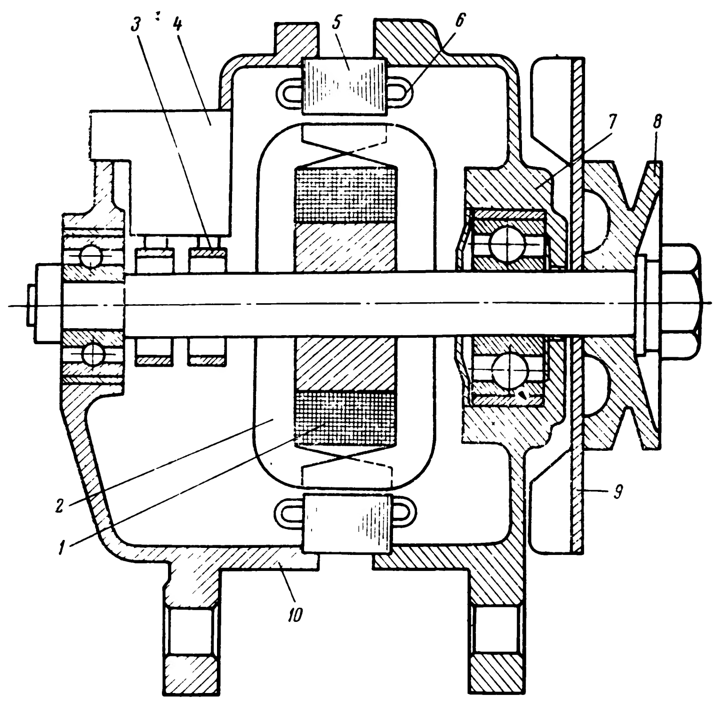


Рис. 3. Автомобильный генератор переменного тока с клювообразным ротором:

1 — обмотка возбуждения; *2* — клювообразные полюса; *3* — контактные кольца; *4*—щеткодержатель; *5* — статор; *6* — трехфазная обмотка статора; *7* — крышка со стороны привода; *8* — шкив; *9* — вентилятор; *10* — крышка со стороны контактных колец

Число полюсов ротора равно двенадцати.

Пакет статора набирают из листов электротехнической стали толщиной 0,5÷1 *мм* и с пазами (рис. 4), в которые размещают трехфазную обмотку. Число пазов может быть различным при одном и том же числе полюсов ротора и определяется типом трехфазной обмотки и электрическими характеристиками генератора.

При открытом пазе (рис. 4, *а*) витки обмотки удерживаются текстолитовым клином. При полузакрытом пазе (рис. 4, *б*) про-

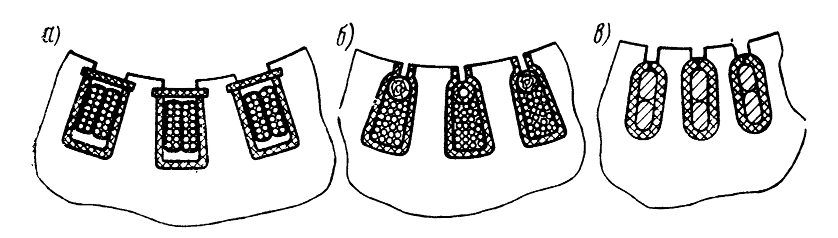


Рис. 4. Форма и заполнение паза статора:
а — открытый паз; *б* — полузакрытый паз (многовитковая катушка); *в* — полузакрытый паз (в катушке один виток)

вода обмотки при многовитковых катушках закрепляют хлорвиниловыми трубками, деревянными или бумажными клиньями. Если катушка обмотки статора имеет один виток, то размеры паза подбирают таким образом, что какого-либо закрепления проводов в пазу не требуется (рис. 4, *в*).

Пазы всех типов изолируются электрокартоном толщиной 0,3—0,5 *мм*. Для обмоток статора и возбуждения используют провода с винифлексовой изоляцией марок ПЭВ-2 и ПЭВ-1. Для обмотки статора также применяют провод марки ПЭС с изоляцией синтетическими поливинилформалевыми лаками. У всех типов отечественных автомобильных генераторов обмотки трех фаз соединяют в звезду.

Крышку генератора *7* и *10* (см. рис. 3) отливают из алюминиевого сплава методом литья в кокиль или под давлением. Посадочные места под шариковые подшипники и под отверстия в кронштейнах армируют чугунными или стальными втулками. В крышке со стороны контактных колец располагают пластмассовый щеткодержатель *4* со щетками.

Крышки имеют отверстия для проточной вентиляции. Вентилятор *9*, связанный со шкивом *8*, состоит из двух частей: крыльчатки и поддона, соединенных между собой точечной сваркой. Шкив *8* — чугунный или стальной.

Селеновые выпрямители на автомобиле или автобусе располагают в потоке воздуха, охлаждающего радиатор двигателя, и защищают от механических повреждений. Для тяжелых условий эксплуатации выпускают селеновые выпрямители пакетного типа, в которых плоские селеновые элементы и монтажные соединения между ними помещены в герметически закрытый алюминиевый корпус с охлаждающими ребрами.

Кремниевые выпрямители размещают в самом генераторе и применяют либо в виде отдельных вентилей, запрессованных в теплоотводящую деталь — охладитель или в крышку генератора, либо в виде выпрямительных блоков. Выпрямительный блок представляет собой выполненное в едином конструктивном узле выпрямительное устройство с вентилями, размещенными непосредственно в теплоотводящих элементах конструкции. Для

обеспечения интенсивного охлаждения выпрямительный блок монтируют в крышке со стороны контактных колец.

Преимуществами автомобильных кремниевых вентилей и выпрямительных блоков по сравнению с селеновыми выпрямителями и вентилями общего назначения являются: высокая максимально допустимая рабочая температура +150°C, повышенная устойчивость к циклическим изменениям температуры и повышенная допустимая частота. Запрессовка вентиля в охладитель или расположение вентилей в охладителе при блочной конструкции обеспечивает улучшенный (в сравнении с резьбовым соединением) электрический и тепловой контакты между вентилем и охладителем.

В большинстве типов автомобильных генераторов переменного тока, в том числе во всех отечественных конструкциях, выпрямительное устройство рассчитано на двухполупериодное выпрямление трехфазного тока и, следовательно, имеет шесть вентилей, соединенных по трехфазной мостовой схеме.

В случае применения кремниевых выпрямителей генератор имеет две изолированные от корпуса выводные клеммы: клемму «+» для подключения генератора к аккумуляторной батарее и нагрузочной цепи постоянного тока и клемму *Ш* для соединения обмотки возбуждения генератора с регулирующим устройством. Третьей (минусовой) клеммой является неизолированный винт *М* («масса»), служащий для соединения корпуса генератора с шасси («массой») автомобиля, являющейся общим минусовым полюсом всей системы.

На отечественных автомобилях регулирующие устройства располагают отдельно от генератора. Однако в промышленности в настоящее время ведутся работы по созданию регулятора напряжения таких малых габаритов, которые позволили бы встроить его в крышку генератора подобно выпрямительному блоку.

§ 2. Принцип работы генератора

Автомобильные генераторы переменного тока относят к синхронным электрическим машинам потому, что скорость вращения ротора и частота наводимой в обмотках статора э. д. с. связаны между собой отношением

$$f = \frac{pn}{60},$$

где f — частота переменного тока, *гц;*
p — число пар полюсов генератора;
n — скорость вращения ротора, *об/мин.*

и, следовательно, строго пропорциональны друг к другу.

Ротор генератора (рис. 5) состоит из стальной втулки *1*, на которую намотана обмотка возбуждения *2*, стальных клювооб-

разных полюсов *3* и *4*, прилегающих к втулке и перекрывающих обмотку возбуждения *2*, и вала, на который насажены втулка *1* и полюса *3* и *4*. Вал является конструктивной деталью, однако также участвует в проведении магнитного потока.

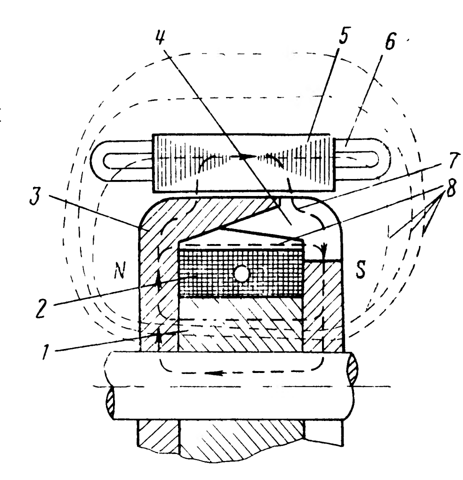


Рис. 5. Магнитная система генератора

Обмотка *6* статора состоит из трехфазных обмоток, сдвинутых в пространстве друг относительно друга на две трети полюсного деления. Фазная обмотка содержит группу катушек; каждая катушка представляет собой несколько витков, соединенных между собой последовательно.

Важной характеристикой обмотки статора является q — число пазов на полюс и фазу:

$$q = \frac{Z}{2p\,m},$$

где Z — общее число пазов на статоре;
$2p$ — число полюсов генератора;
m — число фаз генератора.

В отечественных автомобильных генераторах применяются трехфазные обмотки с числом пазов на полюс и фазу q, равным 0,5; 1; 2.

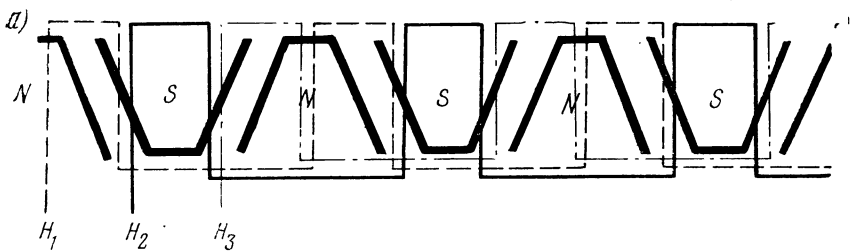
Катушки обмотки статора в большинстве случаев имеют по несколько витков, но на схемах обмотки (рис. 6) они, как правило, условно изображаются одновитковыми, так как схема соединения катушек друг с другом не зависит от числа витков в катушке. Электродвижущая сила в фазных обмотках генератора возникает при пересечении проводников обмотки статора магнитным потоком, созданным обмоткой возбуждения.

При замыкании выключателя зажигания ток от аккумуляторной батареи проходит через обмотку возбуждения генератора. Вокруг обмотки возбуждения возникает магнитный поток (см. рис. 5), рабочая часть *7* которого проходит через втулку *1* и вал, распределяется по клювообразным полюсам *3* одной полярности, выходя из полюсов этой полярности, пересекает воздушный зазор между ротором и статором, проходит по зубцам и спинке статора *5*, еще раз пересекает воздушный зазор, входит в клювообразные полюса *4* другой полярности и замыкается через эти полюса опять на втулку *1* и вал. Часть магнитного потока, созданного обмоткой возбуждения, замыкается по воз-

духу мимо статора, не охватывая провода его обмотки. Эта часть магнитного потока называется магнитным потоком рассеяния 8 и в наведении электродвижущей силы в обмотке статора не участвует.

При вращении ротора под каждым зубцом статора проходят попеременно то северный, то южный полюс ротора. Величина магнитного потока, проходящего через зубцы статора, при этом изменяется по величине и направлению, пересекая проводники трехфазной обмотки, заложенной в пазы между зубцами.

Действующее (эффективное) значение электродвижущей силы, наводимой в обмотке одной фазы генератора при данной





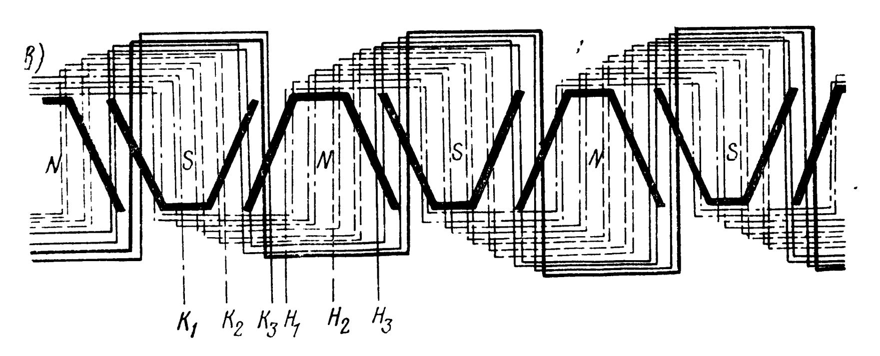


Рис. 6. Схемы трехфазных обмоток
а — $q = 0{,}5$;
б — $q = 1$;
в — $q = 2$;
H_1, H_2, H_3 — начала, а K_1,

величине рабочего магнитного потока Φ_δ, определяется по формуле

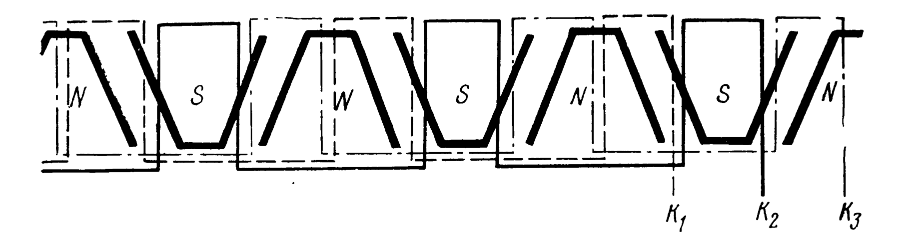
$$E_{\text{ф}} = 4{,}44\, k_{\text{об}} f w \Phi_\delta\, 10^{-8}\ [в],$$

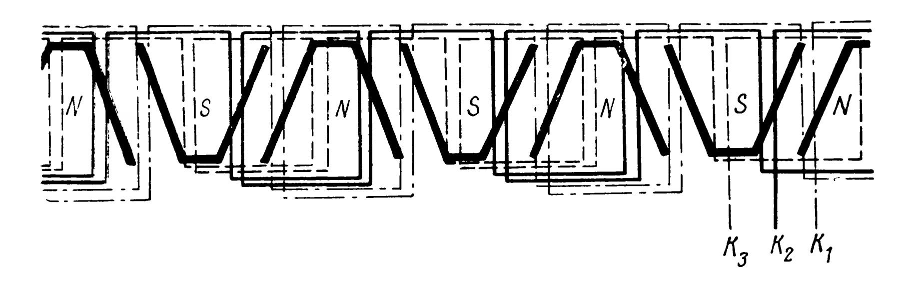
где $f = \frac{pn}{60}$ — частота индуктированной э. д. с.;

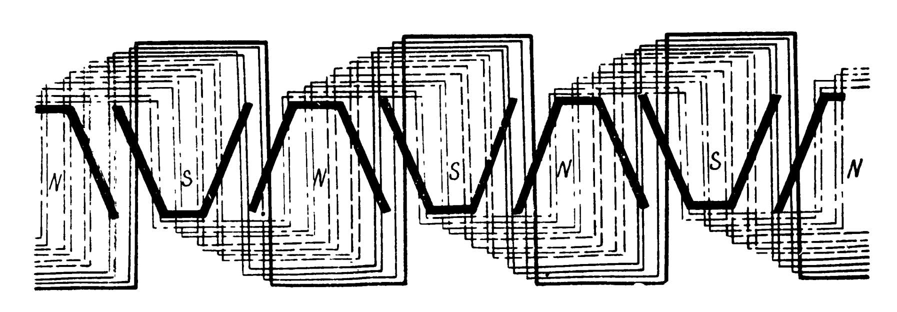
w — число последовательно соединенных витков в обмотке одной фазы статора;

Φ_δ — значение рабочего магнитного потока в воздушном зазоре генератора, *мксв;*

$k_{\text{об}}$ — обмоточный коэффициент.







автомобильных генераторов:

$Z = 18$; $2p = 12$;

$Z = 36$; $2p = 12$;

$Z = 72$; $2p = 12$;

K_2, K_3 — концы фазных обмоток

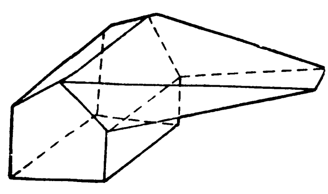


Рис. 7. Форма клювообразного полюса

Так как стороны одного витка катушки не всегда расположены точно на расстоянии полюсного деления (т. е. расстояния между осями смежных полюсов), то э. д. с., индуктированные в двух сторонах одного и того же витка, могут не совпадать по фазе и суммирование этих э. д. с. необходимо выполнять не арифметически, а геометрически. Это обстоятельство учитывается обмоточным коэффициентом $k_{об}$, который является отношением геометрической суммы э. д. с., индуктированных в отдельных проводах обмотки к их арифметической сумме.

Значение обмоточного коэффициента $k_{об}$ зависит от числа пазов статора генератора на полюс и фазу q и равно:

0,866 — для трехфазных генераторов при $q=0{,}5$ (18 пазов на статоре, 12 полюсов ротора);

1,0 — для трехфазных генераторов при $q=1$ (36 пазов на статоре, 12 полюсов ротора);

0,966 — для трехфазных генераторов при $q=2{,}0$ (72 паза на статоре, 12 полюсов ротора).

Характер изменения э. д. с. в проводниках обмотки статора (ее форма) определяется кривой распределения магнитной индукции в зазоре по окружности статора, которая в свою очередь зависит от формы полюса.

В автомобильных синхронных генераторах применяют клювообразный полюс (рис. 7), имеющий трапецеидальную форму поверхности, обращенной к расточке статора. Такой полюс практически обеспечивает форму кривой э. д. с., приближающуюся к синусоидальной.

Переменное напряжение и ток, индуктированные в обмотке статора, выпрямляются при помощи селеновых или кремниевых выпрямителей, собранных по трехфазной двухполупериодной схеме (схеме А. Н. Ларионова).

В этой схеме (рис. 8, *а*) применены шесть вентилей: три для положительной полярности и три для отрицательной полярности. Индуктированные в обмотках генератора э. д. с. создают на выходных зажимах фазных обмоток переменные напряжения $U_{1ф}$, $U_{2ф}$, $U_{3ф}$, положительные направления которых (т. е. во время положительной полуволны переменного тока) показаны на рис. 8, *а* стрелками. Из рис. 8, *а* видно, что линейное (междуфазное) напряжение, которое прикладывается к вентилям, равно геометрической разности фазных напряжений.

Возьмем момент времени t_1 (рис. 8, *б*). В этот момент времени фазные напряжения будут: $u_{1ф}$ равно нулю, $u_{2ф}$ положительно и $u_{3ф}$ отрицательно (фактическое направление $u_{3ф}$ в этот момент изображено на рис. 8, *а* пунктирной стрел-

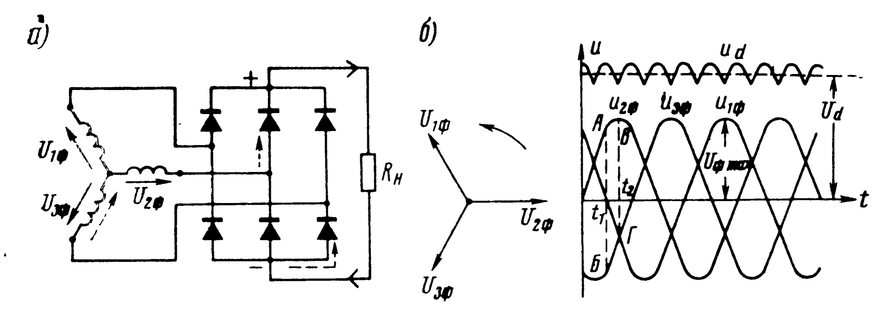


Рис. 8. Схема выпрямления переменного тока автомобильного генератора: *а* — соединение трехфазной обмотки генератора с вентилями по трехфазной двухполупериодной схеме (схеме А. Н. Ларионова); *б* — векторная диаграмма (слева) и кривые изменения мгновенных значений фазных напряжений по времени, а также кривая выпрямленного напряжения (справа), (векторы напряжений обозначены заглавными, а мгновенные значения строчными буквами); $R_н$ — сопротивление нагрузки

кой). Следовательно, разность фазных напряжений второй и третьей фазы будет:

$$u_{2ф} - (-u_{3ф}) = u_{2ф} + u_{3ф},$$

т. е. равна арифметической сумме напряжений второй и третьей фазы, изображенной на рис. 8, *б* отрезком *АБ*. Это суммарное напряжение прикладывается к «положительному» вентилю второй фазы и «отрицательному» вентилю третьей фазы, создавая ток, направление которого показано на рис. 8, *а* стрелками. Рассматриваемый момент времени t_1 соответствует $^1/_6$ периода переменного тока, что составляет 60 электрических градусов. Поэтому фазные напряжения в рассматриваемый момент времени равны:

$$u_{2ф} = u_{3ф} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_{ф\,max},$$

а напряжение, приложенное к вентилям,

$$u_{2ф} + u_{3ф} = 2u_{2ф} = 2\frac{\sqrt{3}}{2} U_{ф\,max} = 1{,}73U_{ф\,max},$$

где $U_{ф\,max}$ — амплитудное значение фазного напряжения.

Рассмотрим следующий момент времени t_2, соответствующий $^1/_4$ периода, или 90 электрических градусов. В этот момент напряжение второй фазы достигает максимума, равного амплитудному значению:

$$u_{2ф} = U_{ф\,max},$$

а напряжение третьей фазы уменьшается:

$$u_{3ф} = U_{2max} \sin(90° - 120°) = -0{,}5U_{ф\,max}.$$

Следовательно, разность этих напряжений, изображенная на рис. 8, *б* отрезком *ВГ*, будет:

$$u_{2ф} - u_{3ф} = U_{ф\,max} - (-0{,}5U_{ф\,max}) = 1{,}5U_{ф\,max}.$$

В последующие моменты времени напряжение первой фазы $u_{1ф}$ (по абсолютной величине) становится больше уменьшающегося фазного напряжения $u_{3ф}$, и выпрямленный ток замыкается уже через обмотки и вентили второй и первой фазы.

Таким образом, процесс повторяется и в любой момент времени в контур выпрямленного тока обязательно оказываются включенными один вентиль положительной полярности и один вентиль отрицательной полярности, причем в выпрямлении тока будет участвовать лишь та пара вентилей, которая находится под более высоким напряжением, чем другие.

Таким образом, выпрямленное напряжение u_d (см. рис. 8, *б*) будет пульсировать, изменяясь по отрезкам синусоид с частотой в 6 раз большей, чем частота переменного тока, индуктированного в обмотках генератора, и его величина в идеальном случае (пренебрегая падением напряжения в вентилях и соединительных проводах) будет изменяться от 1,5 до 1,73 $U_{ф\,max}$.

Поскольку выпрямленное напряжение и ток используются на автомобиле для зарядки аккумуляторной батареи, то нас интересует среднее значение выпрямленного (пульсирующего) напряжения, которое, как показывают расчеты, равно

$$U_d = 1{,}65U_{ф\,max}.$$

В переменном токе приборы измеряют не амплитудное, а действующее (эффективное) значение переменного тока, и все расчеты выполняются по действующим (эффективным) значениям переменного напряжения и тока, которые в $\sqrt{2} = 1{,}41$ раза меньше амплитудных значений. Поэтому среднее значение выпрямленного напряжения

$$U_d = 1{,}65\,U_{ф\,max} = 1{,}65 \cdot 1{,}41\,U_ф = 2{,}34U_ф,$$

где $U_ф$ — действующее значение фазного напряжения генератора.

Величина выпрямленного тока

$$I_d \approx \sqrt{\frac{3}{2}}\,I_ф,$$

где $I_ф$ — действующее значение фазного тока генератора.

В реальных случаях вследствие падения напряжения в селеновых или кремниевых вентилях, соединительных проводах и т. п. соотношения между величинами выпрямленного и фазного напряжения и тока отличаются от приведенных выше теоретических значений и их величина обычно определяется экспериментальным путем.

§ 3. Характеристики генераторов

Свойства автомобильного генератора переменного тока, так же как и генераторов общепромышленного назначения, определяются рядом характеристик, связывающих между собой следующие основные величины:

фазное $U_ф$, линейное $U_л$ и выпрямленное напряжение U_d;

фазный ток;

выпрямленный ток I_d нагрузки генератора;

ток возбуждения $I_в$ генератора;

скорость вращения n генератора.

Характеристики генераторов представляют собой зависимость между какими-либо двумя величинами при неизменных остальных:

характеристика холостого хода, т. е. зависимость э. д. с. генератора от тока возбуждения $E = f(I_в)$ при постоянной скорости вращения n и токе нагрузки $I_н$, равным нулю;

внешняя характеристика, т. е. зависимость выпрямленного напряжения генератора U_d от тока нагрузки $I_н$ при постоянной скорости вращения и определенном значении тока возбуждения $I_в$;

регулировочная характеристика, т. е. зависимость тока возбуждения $I_в$ от тока нагрузки $I_н$ при неизменном значении напряжения генератора $U_л$;

нагрузочная характеристика, т. е. зависимость выпрямленного напряжения генератора U_d от тока возбуждения $I_в$ при неизменном токе нагрузки $I_н$.

Автомобильные генераторы приводятся во вращение от двигателя внутреннего сгорания с постоянным передаточным отношением привода, поэтому скорость вращения их роторов изменяется в широком диапазоне. Так, например, скорость вращения ротора генератора может изменяться от минимального значения, соответствующего числу оборотов коленчатого вала при холостом ходе автомобильного двигателя до максимального значения, соответствующего максимальной скорости движения автомобиля.

Отношение минимальной и максимальной скоростей вращения роторов генераторов может составлять:

1 : 8 — для автомобилей с карбюраторными двигателями;

1 : 3,5 — для автомобилей с дизельными двигателями.

Режим переменной скорости вращения роторов генераторов требует автоматического регулирования напряжения генератора, поэтому, кроме указанных выше характеристик применительно к автомобильным генераторам, дополнительно используются следующие характеристики:

скоростная регулировочная характеристика, т. е. зависимость тока возбуждения $I_в$ от скорости вращения n при постоянном выпрямленном напряжении на зажимах генератора U_d и неизменном токе нагрузки $I_н$;

токоскоростная характеристика[1], т. е. зависимость тока нагрузки генератора $I_н$ от скорости вращения при неизменных значениях выпрямленного напряжения U_d на зажимах генератора и тока возбуждения генератора $I_в$.

Из приведенных выше характеристик для оценки автомобильных генераторов наиболее широко применяются: характеристика холостого хода, скоростная регулировочная характеристика, внешняя характеристика и токоскоростная характеристика.

Характеристика холостого хода, как следует из уравнения э. д. с. генератора, для различных скоростей вращения выражается семейством характеристик (рис. 9). Так как значение тока возбуждения $I_в$ и магнитного потока Φ_δ в воздушном зазоре не зависят от скорости вращения, то э. д. с. холостого хода прямо пропорциональна скорости вращения.

По характеристике холостого хода определяется начальная скорость вращения ротора генератора, при которой напряжение генератора достигает расчетной величины.

В практике характеристику холостого хода определяют или по величине фазной э. д. с. $E_ф$, или по линейному значению э. д. с. $E_л$, которое, как известно, равно $E_л = \sqrt{3} E_ф$, или иногда по значению выпрямленного напряжения холостого хода U_d, практически равного для трехфазной схемы А. Н. Ларионова:

$$U_{d_0} \approx (2{,}0 - 2{,}15) E_ф.$$

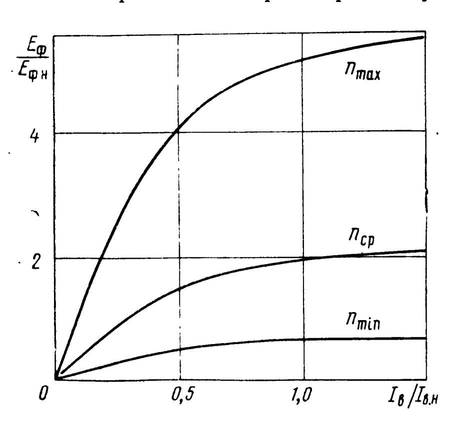


Рис. 9. Семейство характеристик холостого хода автомобильного генератора при различных скоростях вращения ротора генератора

Внешняя характеристика автомобильного генератора также выражается семейством кривых, соответствующих различным скоростям вращения ротора генератора (рис. 10).

[1] Название характеристики дано Ю. А. Купеевым.

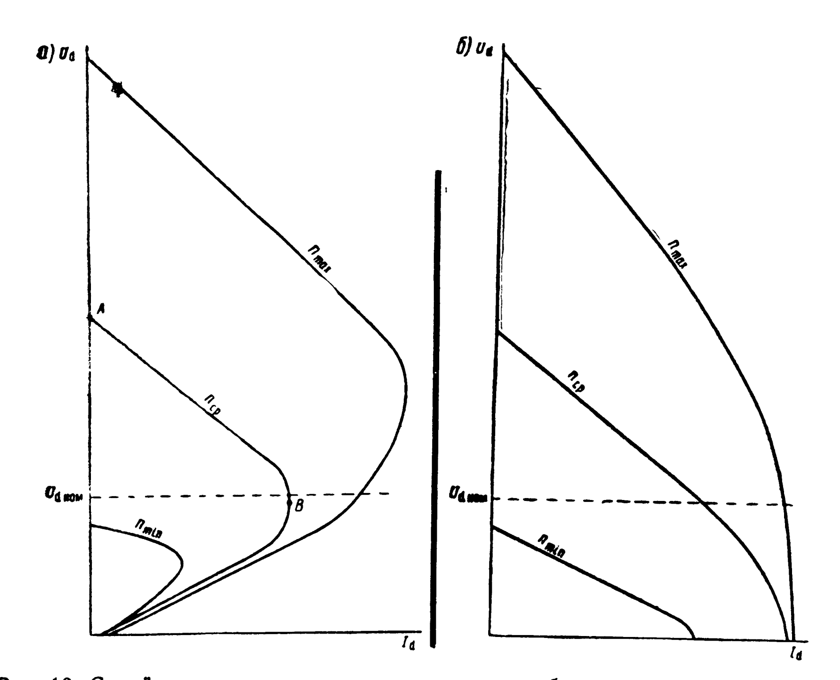


Рис. 10. Семейство внешних характеристик автомобильного генератора при различных скоростях вращения ротора генератора: *а* — при самовозбуждении; *б* — при независимом возбуждении

Внешние характеристики могут определяться при самовозбуждении или при независимом возбуждении. Схемы соединений для снятия внешних характеристик показаны на рис. 11.

Как известно, снижение напряжения при увеличении нагрузки автомобильного генератора происходит: из-за падения напряжения в активном и индуктивном сопротивлениях обмоток статора, из-за размагничивающего действия потока реакции якоря, уменьшающего магнитный поток в воздушном зазоре, а также из-за падения напряжения в цепи выпрямителя.

На рис. 10, *а* показано семейство внешних характеристик, снятых для различных скоростей вращения, при самовозбуждении генератора.

Каждая характеристика снимается при неизменном значении скорости вращения генератора и неизменном сопротивлении цепи возбуждения. Верхняя ветвь внешней характеристики на участке *AB* соответствует устойчивой работе генератора, когда при уменьшении сопротивления нагрузочного реостата напряжение генератора падает медленнее и ток генератора возрастает.

Нижняя ветвь внешней характеристики соответствует неустойчивой работе генератора.

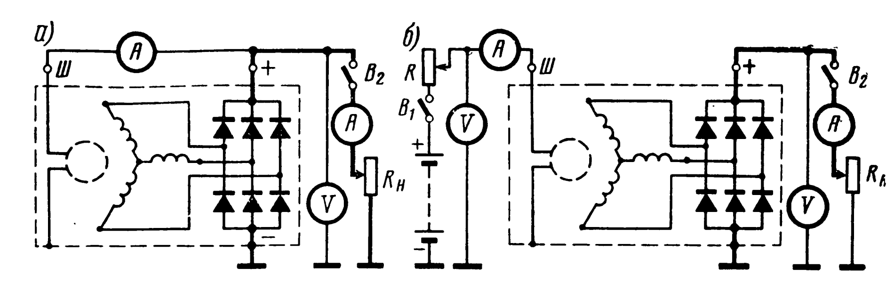


Рис. 11. Электрические схемы соединения генератора при снятии семейства внешних характеристик:

а — при самовозбуждении; *б* — при независимом возбуждении; B_1 — выключатель в цепи возбуждения; B_2 — выключатель в цепи нагрузки

Из семейства внешних характеристик определяется, как правило, величина максимального тока, которая обеспечивается при заданном номинальном или регулируемом значении напряжения.

Семейство внешних характеристик, определяемое по схеме независимого возбуждения, изображено на рис. 10, *б*. Каждая характеристика снимается при неизменном значении скорости вращения ротора генератора и неизменном значении напряжения постоянного тока, подводимого к обмотке возбуждения (что соответствует неизменному значению тока возбуждения генератора).

В отличие от внешних характеристик, снятых при самовозбуждении, при независимом возбуждении ток короткого замыкания генератора больше номинального тока нагрузки и имеет максимальную величину при максимальной скорости вращения. Значение тока нагрузки, определяемое при независимом возбуждении, больше значения тока нагрузки, определяемого по схеме самовозбуждения, на величину тока возбуждения.

Скоростная регулировочная характеристика обычно определяется при нескольких значениях тока нагрузки генератора (минимальной, средней и максимальной) и имеет вид, представленный на рис. 12.

Минимальное значение тока возбуждения генератора $I_{\text{в min}}$ определяется при $I_{\text{н}} = 0$ и заданной максимальной скорости вращения ротора генератора. Из скоростных регулировочных характеристик обычно определяют диапазон изменения тока возбуждения с изменением тока нагрузки при неизменном значении выпрямленного напряжения.

Токоскоростная характеристика генератора переменного тока может определяться при независимом возбуждении или при самовозбуждении. Электрические схемы соединений генератора для снятия токоскоростных характеристик те же, что и при снятии внешних характеристик (см. рис. 11).

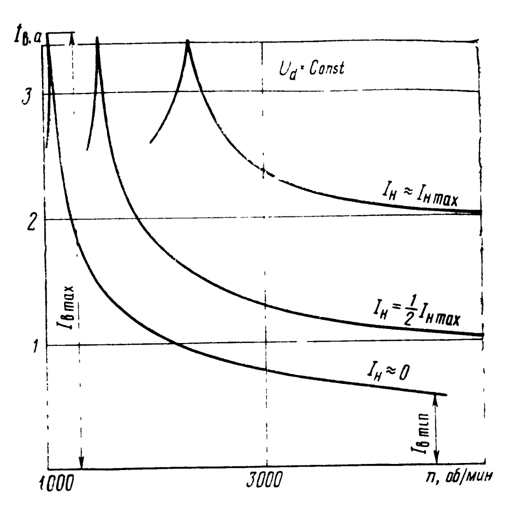


Рис. 12. Скоростные регулировочные характеристики генератора при различных значениях тока нагрузки

В зависимости от способа ограничения максимального тока генератора различают два вида токоскоростных характеристик (рис. 13), а именно с ограничителем тока в схеме регулирования напряжения генератора (рис. 13, *а*) или с самоограничением максимального тока генератора (рис. 13, *б*). В первом случае максимальный выпрямленный ток ограничивается автоматически посредством отдельного элемента — ограничителя тока, входящего в регулирующее устройство. Однако это ведет к усложнению конструкции регулирующего устройства, что нежелательно по технико-экономическим и эксплуатационным соображениям.

Для исключения из конструкции регулирующего устройства дополнительного элемента — ограничителя тока, числа витков обмотки статора и обмотки возбуждения генератора подбирают таким образом, чтобы уменьшить начальную скорость вращения ротора генератора при холостом ходе. При этом с увеличением скорости вращения ротора генератора, а следовательно, с увеличением частоты индуктированного переменного тока увеличивается величина индуктивного падения напряжения в обмотке статора генератора, пропорциональная квадрату числа витков в фазе.

Вследствие этого, несмотря на увеличение скорости вращения, ток генератора увеличивается медленнее и не превосходит заданного максимального значения, т. е. генератор приобретает свойство самоограничения отдаваемого им тока.

Кроме того, различают токоскоростные характеристики в так называемом «холодном» и «горячем» состоянии, которые экспериментально определяют следующим образом. Генератор устанавливают на стенде, имеющем электродвигатель для привода во вращение его ротора и приборы, соединенные по схеме,

приведенной на рис. 11, *а* или 11, *б*. В случае снятия характеристики по схеме рис. 11, *б* (независимого возбуждения) сначала включают выключатель B_1 и реостатом R устанавливают напряжение возбуждения, равное величине 12,5 *в* (для генераторов с номинальным напряжением 12 *в*) или 25 *в* (для генераторов с номинальным напряжением 24 *в*). После этого плавно приводят во вращение ротор генератора и тахометром определяют начальную скорость вращения при холостом ходе, при которой выпрямленное напряжение достигает величины 12,5 *в* для 12-*в* системы или 25 *в* — для 24-*в* системы. Затем включают рубильник B_2 и снимают характеристику, увеличивая скорость вращения и подбирая на каждой скорости такое положение реостата нагрузки $R_н$, чтобы выпрямленное напряжение было равно напряжению возбуждения (12,5 *в* или 25 *в*).

Характеристика, снятая таким образом, соответствует «холодному» состоянию.

Для определения токоскоростной характеристики в «горячем» состоянии генератор в комплекте с регулирующим устройством должен предварительно проработать на стенде в режиме нагрузки расчетным током при скорости вращения 3000—3500 *об/мин* в течение 1,5—2 *ч*. Под расчетным током (см. рис. 13) подразумевают: в случае применения в схеме регулирования ограничителя тока — максимальный ток ограничителя, в случае генератора с самоограничением — величину расчетного тока нагрузки $I_р$, равную 70—75% от максимального тока самоограничения генератора. Скорость вращения ротора генератора, соответствующая расчетному току нагрузки, называют расчетной скоростью вращения $n_р$, а режим работы генератора

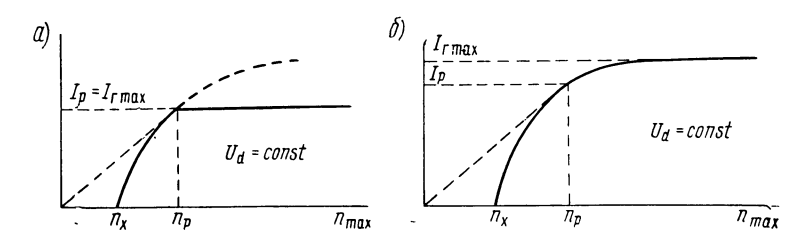


Рис. 13. Токоскоростные характеристики автомобильного генератора: *а* — с ограничителем тока в схеме регулирования; *б* — самоограничением максимального тока

при расчетном токе $I_р$ и расчетной скорости вращения $n_р$ — расчетным режимом.

Параметры генератора $I_р$ и $n_р$, характеризующие расчетный режим, можно определить, проведя из начала координат касательную к токоскоростной характеристике (см. рис. 13). Тогда точка касания определяет расчетные величины $I_р$ и $n_р$.

Автомобильные генераторы с самоограничением по максимальному току нагрузки рассчитаны таким образом, что узлы и детали генератора выдерживают тепловую нагрузку, соответствующую любому режиму его работы. Поэтому на щитке генератора обозначают наряду с номинальной величиной напряжения (12 *в* или 24 *в*) величину максимального тока нагрузки генератора $I_{г\,max}$. В случае применения ограничителя тока эта величина равна току, на который установлен ограничитель, а в случае генератора с самоограничением отдаваемого тока — максимальному току самоограничения.

На некоторых типах генераторов, ввиду необходимости ограничения тока нагрузки из-за опасности перегрева вынесенного из генератора выпрямительного устройства с селеновыми вентилями, это правило не соблюдается.

Максимальная мощность генератора переменного тока определяется по соотношению

$$P_{г\,max} = U_{d\,р} I_{г\,max},$$

где $U_{d\,р}$ — расчетное выпрямленное напряжение, равное 12,5 *в* или 25,0 *в* для генераторов, рассчитанных на номинальные напряжения 12 *в* или 24 *в*;

$I_{г\,max}$ — максимальный ток нагрузки генератора.

Для сравнения различных генераторов по использованию материалов в практике пользуются коэффициентом использования $K_и$, определяемым соотношением

$$K_и = \frac{P_{г\,max}}{G_г} \frac{вт}{кг},$$

где $G_г$ — вес генератора, *кг*.

Для сравнительной оценки генераторов, имеющих различные скорости вращения роторов, используют удельный коэффициент использования

$$K_{и\,уд.} = \frac{U_{d\,р} I_р}{G_г n_р} \frac{вт \cdot мин}{кг \cdot об}.$$

В технических условиях на генераторы, как правило, указывают следующие параметры токоскоростной характеристики генераторов в «холодном» и «горячем» состояниях: начальную скорость вращения при холостом ходе $n_х$; расчетную скорость вращения ротора генератора $n_р$; максимальный ток нагрузки генератора $I_г$; максимальную скорость вращения ротора генератора n_{max}.

Глава II

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Массовый характер производства автомобильных генераторов, а также тяжелые условия эксплуатации их требуют специальных конструкций полупроводниковых приборов, используемых для выпрямления тока и регулирования напряжения генераторов. Поэтому наряду с приборами общего назначения для автомобильных генераторных установок разработаны и освоены в производстве специальные конструкции кремниевых вентилей, выпрямительных устройств и других полупроводниковых приборов.

Детальное рассмотрение явлений в полупроводниковых приборах требует привлечения современных физических понятий и закономерностей и выходит за рамки данной книги. Этим вопросам посвящена специальная литература, незначительная часть которой указана в прилагаемом списке литературы. Ниже приводятся лишь упрощенные пояснения принципа действия указанных приборов, краткое описание их конструкций и основные характеристики.

§ 1. Полупроводниковые вентили. Принцип действия

Принцип действия полупроводниковых вентилей основан на односторонней проводимости границы раздела двух полупроводников, обладающих различными типами электропроводимости — электронной и дырочной. Границу раздела называют электронно-дырочным переходом или сокращенно $p-n$-переходом.

На рис. 14 показана схема полупроводникового вентиля, где слева от границы раздела двух полупроводников показан p-полупроводник, обладающий дырочной проводимостью, а справа — n-полупроводник с электронной проводимостью. В p-области изображены отрицательные ионы кристаллической решетки, обозначаемые кружочками со знаком минус, и положительные носители заряда — дырки[1], обозначаемые кружочками меньшего диаметра со знаком плюс. В n-области изображены положительные ионы кристаллической решетки, обозначаемые кружочками со знаком плюс, и отрицательные носители заряда — электроны, обозначаемые кружочками меньшего диаметра со знаком минус.

[1] Дырками называют незаполненные электронами места в ковалентных связях с атомами. При перемещении (перескакивании) электрона на свободное место образуется дырка в месте, которое этот электрон занимал раньше. Таким образом, при перемещении электронов на свободные места дырки перемещаются в противоположном направлении и, следовательно, играют роль положительных зарядов, равных по величине заряду электрона.

Избыток электронов в n-полупроводнике, например в германии и кремнии, создается при введении в чистый четырехвалентный полупроводник небольшого количества пятивалентного элемента, например мышьяка As или сурьмы Sb. При этом атомы последних размещаются в узлах кристаллической решетки полупроводника; между каждым атомом примеси и четырьмя окружающими его атомами полупроводника возникает ковалентная связь. На валентной (внешней) оболочке примеси имеется пять электронов, а участвуют в ковалентных связях с другими атомами только четыре электрона, следовательно, один электрон оказывается «лишним». Эти «лишние» электроны изображенные на рис. 14 справа, слабо связаны со своими атомами и достаточно сообщения им малой энергии, чтобы они стали свободными, поэтому они являются и называются основными носителями тока. В n-полупроводнике имеется еще некоторое количество дырок, обусловленных собственной проводимостью полупроводника; эти дырки называются неосновными носителями тока.

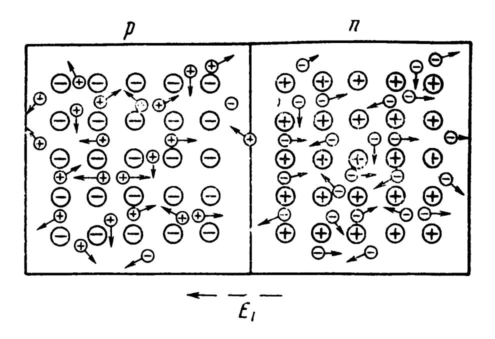


Рис. 14. Электронно-дырочный переход при отсутствии внешнего электрического поля. Схема движения носителей заряда

Избыток дырок в p-полупроводнике создается при добавлении в полупроводник трехвалентных элементов III группы. Например, при добавлении в германий небольшого количества трехвалентного индия каждый атом последнего обменивается с атомами германия, которые его окружают, валентными электронами. Но индий — трехвалентен, поэтому четвертая связь оказывается незаполненной. В незаполненной валентной оболочке атома германия недостает одного электрона для устойчивости восьмиэлектронной оболочки, т. е. на месте недостающего электрона образуется дырка.

Дырки в p-полупроводнике называются основными носителями тока, а находящиеся в нем в небольшом количестве свободные электроны, называются неосновными носителями тока. На рис. 14 изображены лишь основные носители тока — электроны в n-полупроводнике и дырки в p-полупроводнике.

При отсутствии внешнего электрического поля дырки и электроны, находясь в непрерывном хаотическом движении, диффундируют через границу раздела: часть дырок переходит в n-полупроводник, а часть электронов переходит в p-полупроводник. При этом длительное существование проникших через границу раздела носителей тока невозможно, так как электроны

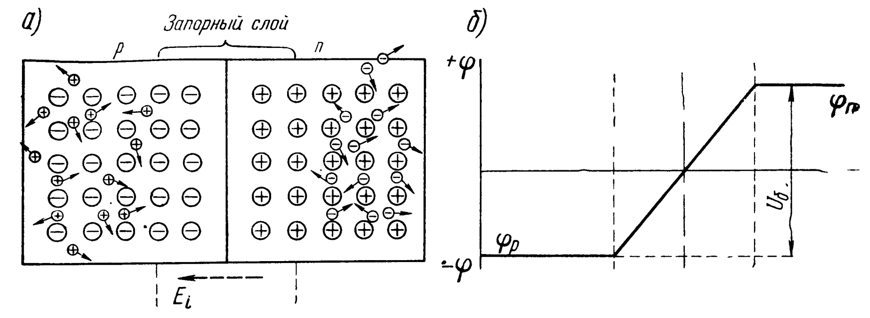


Рис. 15. Электронно-дырочный переход после контактной диффузии носителей заряда:

а — схема движения и расположения носителей заряда; *б* — потенциальная диаграмма

и дырки, окруженные в полупроводнике основными носителями заряда противоположного знака, рекомбинируют с ними и перестают существовать как носители электрического тока. В результате оба полупроводника у границы раздела обедняются подвижными носителями заряда, что влечет за собой соответствующее обнажение ионов кристаллической решетки (рис. 15). В результате описанной диффузии носителей тока в пограничной области создается электрическое поле разноименных зарядов, имеющих отрицательный потенциал φ_p в *p*-области полупроводника и положительный потенциал φ_n в *n*-области полупроводника. Направление этого «внутреннего» электрического поля показано на рис. 14 и 15 стрелкой E_i.

Разность потенциалов $U_б = \varphi_n - \varphi_p$ между двумя областями представляет собой потенциальный барьер, препятствующий дальнейшей диффузии носителей заряда из одного полупроводника в другой.

Итак, благодаря диффузии носителей тока вблизи границы *p—n* областей возникает слой, обедненный носителями тока (см. рис. 15). Поэтому удельное сопротивление слоя, образовавшегося на границе раздела, значительно увеличивается, в то время как удельное сопротивление самих *p* и *n* областей благодаря большой концентрации носителей тока в них мало. Этот обедненный носителями тока слой называется запорным слоем.

При подключении напряжения к *p—n*-переходу плюсом к *p*-области, а минусом к *n*-области, как показано на рис. 16, силы внешнего электрического поля E_e действуют в направлении, обратном направлению образовавшегося на границе *p—n*-перехода внутреннего электрического поля E_i. Создается результирующее электрическое поле, под воздействием которого потенциальный барьер уменьшается. При этом напряжение на переходе $U_{пер} = U_б - U$, где U — внешнее напряжение и $U_б$ — потенциальный барьер при отсутствии внешнего поля. В результа-

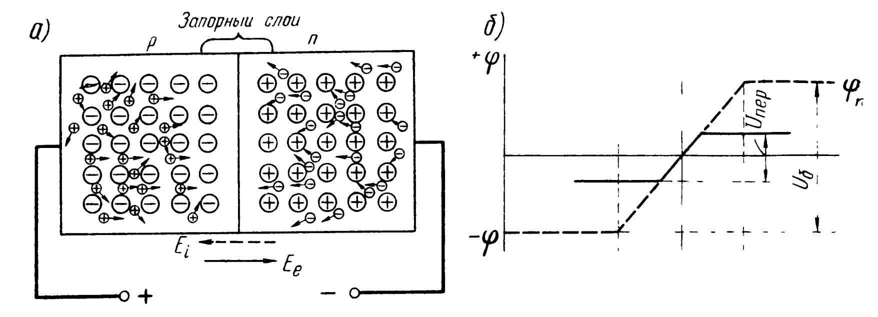


Рис. 16. Электронно-дырочный переход при внешнем электрическом поле, направленном из *p*-области в *n*-область (прямое направление):

а — схема движения носителей заряда; *б* — потенциальная диаграмма

те этого увеличивается количество основных носителей, которые смогут преодолеть этот частично или полностью скомпенсированный потенциальный барьер. Дырки будут попадать в *n*-полупроводник, а электроны — в *p*-полупроводник, при этом они будут рекомбинировать с основными носителями заряда полупроводников, уступая место новым прибывающим на их место электронам и дыркам. В результате в цепи начнет протекать электрический ток, величина которого будет определяться приложенным напряжением.

Достаточно приложить небольшое напряжение к *p*—*n*-переходу, чтобы получить большой ток, так как потенциальный барьер в *p*—*n*-переходе имеет величину от 0,35 *в* (для германия) до 0,66 *в* (для кремния). Включение внешнего напряжения к *p*—*n*-переходу плюсом к *p*-области, а минусом к *n*-области называется включением напряжения в прямом направлении.

При подключении напряжения к *p*—*n*-переходу полюсом к *n*-области, а минусом к *p*-области, как показано на рис. 17, силы

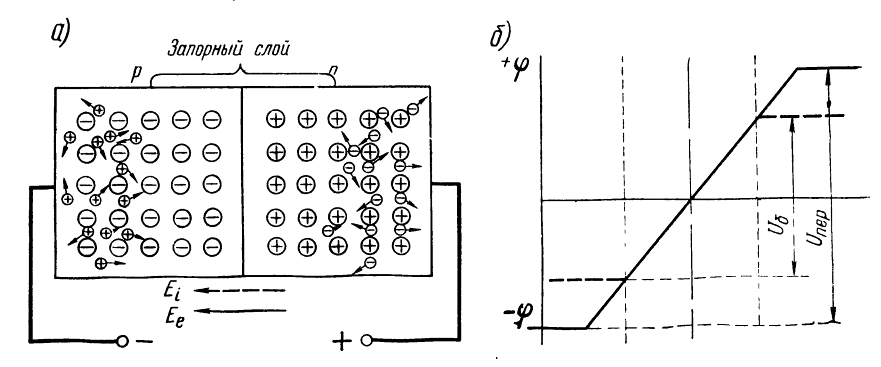


Рис. 17. Электронно-дырочный переход при внешнем электрическом поле, направленном из *n*-области в *p*-область (обратное направление):

а — схема движения носителей заряда; *б* — потенциальная диаграмма

внешнего электрического поля E_e будут действовать в направлении, совпадающем с направлением образовавшегося на границе *p—n*-перехода внутреннего электрического поля E_i. Под воздействием результирующего поля потенциальный барьер увеличивается и становится равным.

$$U_{пер} = U_б + U .$$

В этом случае как дырки, так и электроны будут отходить от *p—n*-перехода; при этом ширина запорного слоя увеличивается, а следовательно, его сопротивление также увеличивается. Ток основных носителей отсутствует, так как цепь для них практически разорвана очень большим сопротивлением запорного слоя. Незначительный ток, наблюдаемый при подаче обратного напряжения на *p—n*-переход, является током только неосновных носителей, обусловленных собственной проводимостью полупроводника. Однако величина этого так называемого обратного тока вентиля мала по сравнению с прямым током. Так, например, для кремниевых и германиевых вентилей обратный ток составляет от 3 *мка* до 3 *ма*.

Таким образом, включение внешнего напряжения к *p—n*-переходу минусом к *p*-области, а плюсом к *n*-области, называется включением напряжения в обратном направлении.

Из изложенного упрощенного описания процесса очевидно, каким образом в полупроводниках с *p—n*-переходом обеспечивается односторонняя проводимость, из-за чего они получили название «вентиль» или «диод» по аналогии с ламповыми электронными диодами.

Вольтамперная характеристика вентиля. Основной характеристикой полупроводникового вентиля является зависимость тока $I_в$ в нем от приложенного к вентилю напряжения $U_в$. Из-за несимметрии электрических свойств *p—n*-перехода полупроводникового вентиля различают прямую и обратную ветви вольтамперной характеристики, соответствующие работе вентиля в прямом и обратном направлениях. При этом току и напряжению в прямом направлении приписывают положительные значения, а в обратном — отрицательные.

Типичная вольтамперная характеристика полупроводникового вентиля представлена на рис. 18. Прямая ветвь характеристики снимается по схеме, приведенной на рис. 19, *а*, обратная — по схеме, приведенной на рис. 19, *б*. На участке прямой ветви характеристики высокая проводимость вентиля наступает лишь после того, как прямое напряжение превысит контактную разность потенциалов *p—n*-перехода $U_{пер}$. После этого крутизна характеристики резко возрастает, так как даже незначительное приращение напряжения вызывает резкое увеличение тока.

Зависимость обратного тока от обратного напряжения, соответствующая обратной ветви вольтамперной характеристики, также нелинейна.

В начальной части обратный ток нарастает сравнительно быстро, но вскоре наступает явление насыщения и рост тока замедляется. Это объясняется крайне незначительным количеством неосновных носителей заряда, которые участвуют в образовании тока уже при небольших напряжениях, а дальнейшее увеличение напряжения не вызывает существенного роста тока. Лишь после достижения больших значений обратного напряжения обратный ток начинает возрастать в результате образования новых неосновных носителей заряда под действием высокой напряженности поля. На ход обратной ветви вольтамперной характеристики полупроводникового вентиля могут оказывать влияние и токи, замыкающиеся по поверхности кристалла полупроводника, минуя *p—n*-переход. Эти токи называются поверхностными обратными токами и для некоторых типов вентилей, например кремниевых, достигают значительных величин, соизмеримых с обратным током, текущим через объем *p—n*-полупроводника.

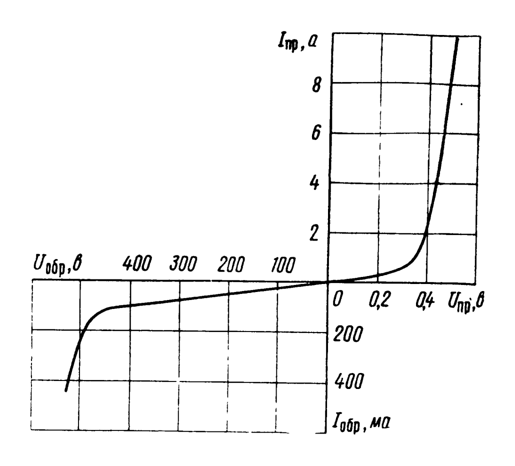


Рис. 18. Вольтамперная характеристика полупроводникового вентиля

Положение вольтамперной характеристики полупроводникового вентиля значительно изменяется с изменением температуры *p—n*-перехода (рис. 20).

Как следует из рис. 20, с увеличением температуры обратный ток вентиля увеличивается, что объясняется быстрым ростом числа неосновных носителей заряда при увеличении температуры. Величина прямого падения напряжения на вентиле с увеличением температуры уменьшается, что объясняется увеличением числа основных носителей тока. С уменьшением температуры *p—n*-перехода прямое падение напряжения увеличивается. Поэтому существует предел допустимой отрицательной рабочей температуры, равный —40 ÷ —60°С.

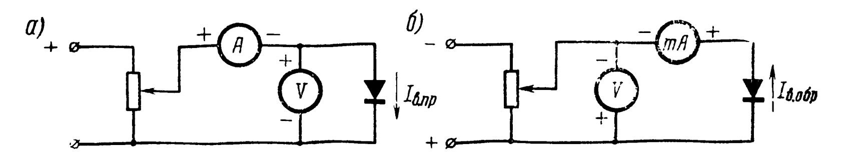


Рис. 19. Электрические схемы для снятия вольтамперных характеристик вентиля на постоянном токе:
а — схема для снятия прямой ветви; *б* — схема для снятия обратной ветви

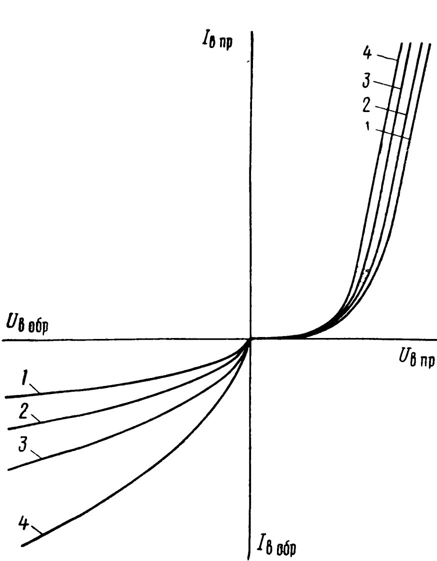


Рис. 20. Зависимость вольтамперной характеристики вентиля от температуры p — n-перехода:
1 — при 20°С; *2* — при 40°С; *3* — при 60°С; *4* — при 80°С

Различают три типа вольтамперных характеристик: статическую, динамическую и классификационную.

Статическую характеристику снимают по точкам на постоянном токе раздельно в прямом и обратном направлениях по схемам, приведенным на рис. 19.

Динамическую характеристику снимают одновременно в прямом и обратном направлениях при приложении к вентилю синусоидального напряжения рабочей частоты по специальным схемам. Динамическую характеристику строят в мгновенных или средних значениях тока и напряжения.

Классификационную характеристику снимают по точкам раздельно в прямом и обратном направлениях на однополупериодном переменном токе частотой 50 *гц*; прямую ветвь снимают при пропускании через вентиль синусоидального тока, обратную ветвь — при приложении к вентилю синусоидального напряжения. Среднее за период значение прямого тока и напряжения фиксируют приборы магнитоэлектрической системы.

При снятии обратной ветви классификационной характеристики определяют средние значения обратного тока в зависимости от максимального значения обратного напряжения (для германиевых и кремниевых вентилей) или от действующего значения обратного напряжения (для селеновых вентилей).

Следует помнить, что значение прямого падения напряжения, определяемого на постоянном токе, т. е. по статической характеристике, примерно в 2 раза больше, чем значение прямого падения напряжения по классификационной вольтамперной характеристике. Соответственно значение обратного тока, определяемое по статической вольтамперной характеристике примерно в 2 раза больше значения обратного тока, определяемого по классификационной вольтамперной характеристике.

Из классификационной характеристики определяют следующие основные параметры, характеризующие полупроводниковые вентили:

Номинальную величину прямого тока . . . $I_{в.\ н.}$, *а*;
Прямое падение напряжения при номинальном токе (среднее значение) . . . $U_{п.н.}$, *в*;

Максимальное допустимое значение обратного напряжения вентиля	$U_{обр.\ max}$, *в*;
Обратный ток при максимально допустимом обратном напряжении (среднее значение)	$I_{обр.\ н.}$, *ма*;
Максимальную частоту выпрямленного тока	f_{max} *гц*;
Максимальную допустимую температуру нагрева корпуса вентиля	$t_{к\ max}$. °C;
Максимальную допустимую температуру p—n-перехода	$t_{p-n\ max}$, °C

§ 2. Селеновые выпрямители

Параметры и характеристики селеновых вентилей. Селеновые вентили являются первыми полупроводниковыми вентилями, получившими промышленное применение в автомобильных генераторных установках; их выпускают трех серий: А, Г и Я.

Принцип их действия основан на использовании полупроводниковых свойств перехода между слоем селена Se, являющегося полупроводником с дырочной проводимостью, и селенидом кадмия CdSe, образующегося в результате диффузии кадмия в селен.

Основанием элемента является алюминиевая пластинка (рис. 21), на которую в вакууме наносят слой селена Se. На селен наносят также в вакууме сплав, содержащий кадмий Cd. В результате в селене образуется переход с прямой проводимостью в направлении от селена к селениду кадмия.

В селеновых элементах серий А и Я вывод тока от сплава с кадмием осуществляют посредством латунной пружинящей шайбы и выводной пластины (лепестка), а вывод тока от основания (алюминия) — посредством металлической проводящей шайбы и лепестка.

В селеновых элементах серии Г (или по старой классификации серии Т) основанием также является алюминиевая пластина, на которую наносят слой кадмия, а поверх него — слой селена и алюминиевую фольгу. Таким образом, в селеновых вентилях серии Г p—n-переход образуется на границе между селеном и алюминиевым основанием.

В вентилях серий А и Я вывод от сплава с кадмием является катодом, а вывод от основания — анодом. В вентилях серии

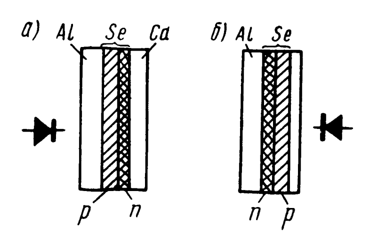


Рис. 21. Схемы конструкций селеновых вентилей:
а — вентили серий А и Я;
б — вентиль серии Г

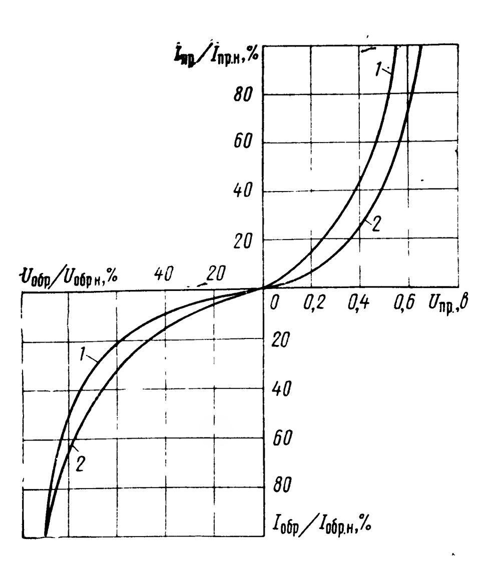


Рис. 22. Усредненные вольтамперные характеристики селеновых вентилей серии А *(1)* и Я *(2)*

Г вывод от основания является катодом, а вывод от пружинящей шайбы — анодом. Направление прямого тока вентилей указано на рис. 21 условным обозначением вентиля.

Вольтамперная характеристика селеновых вентилей серий А и Я приведена на рис. 22; здесь значения прямого и обратного тока, а также обратного напряжения вентилей даны в относительных единицах, т. е. по отношению к номинальным значениям; прямое падение напряжения в вентиле дано в вольтах.

Номинальное, эффективное значение обратного напряжения селеновых вентилей составляет от 20 *в* до 60 *в* (бóльшие значения относятся к элементам серии Г). Нормальное классификационное прямое падение напряжения равно 0,6—0,9 *в*.

Допустимая плотность прямого тока составляет:

$25\ \frac{ма}{см^2}$ — для вентилей серий А и Г;

$50\ \frac{ма}{см^2}$ — для вентилей серии Я.

Таким образом, селеновые вентили серии Я допускают в 2 раза бóльшие значения прямого тока, чем селеновые вентили серий А и Г.

Селеновые вентили допускают нагрев в течение длительного времени до:

75°С — для серий А и Я;

80°С — для серии Г.

Селеновые вентили удовлетворительно работают при отрицательных температурах до —60°С, несмотря на то, что при этом наблюдается существенное увеличение обратного тока и прямого падения напряжения.

Следует отметить также, что параметры селеновых вентилей значительно изменяются со временем как в процессе работы, так и в неработающем состоянии. Необратимый процесс увеличения прямого падения напряжения, который принято называть старением, в основном связан с нагревом элементов в рабочих условиях. Длительное хранение вентилей в нерабочем состоянии

приводит к резкому (в несколько раз) увеличению обратного тока.

Это явление, называемое расформовкой, является, как правило, обратимым процессом и устраняется в ходе подформовки обратным напряжением. При этом в начале подформовки ограничивают величину обратного напряжения, так как иначе увеличение обратного тока может привести к недопустимому перегреву вентиля и к его отказу в работе. Подформовку селеновых выпрямителей выполняют на переменном токе, что достигается, например, при работе в комплекте с генератором в начальный период работы двигателя автобуса при малых токах нагрузки.

Выпускаемые отечественной промышленностью селеновые вентили классифицируют по размерам и номинальным напряжениям. В табл. 1 приведены параметры основных типов селеновых вентилей. В зависимости от номинального напряжения вентили разделяют на классы, перечень которых приведен в табл. 2.

Таблица 1

Основные размеры и номинальные токи селеновых вентилей

Обозначение размера	Размеры, *мм*	Номинальные токи[1], *а*	
		серий А и Г	серии Я
60	60×60	0,6	1,2
75	75×75	1,2	2,4
90	90×90	1,5	3,0
100	100×100	2,0	4,0
120	100×200	4	8,0
130	100×300	6	12,0
140	100×400	8	16,0

[1] Номинальный ток — среднее значение выпрямленного тока.

Таблица 2

Классы селеновых вентилей

Обозначение класса	Номинальное напряжение[1], *в* (действующее значение)	Допустимое напряжение для трехфазной схемы, *в* (действующее значение)
В	20	17,5
Г	25	22
Д	30	26
Е	35	30

[1] Номинальное напряжение — максимально допустимая величина действующего значения, подведенного к выпрямительному столбу переменного напряжения.

Из отдельных селеновых вентилей-элементов собирают на изолированных металлических стержнях или болтах готовые вентильные комплекты — выпрямительные столбы, которые различаются между собой, кроме размеров вентилей, схемой выпрямления и конструктивным исполнением.

Полное обозначение типа вентильного комплекта (выпрямительного столба) в общем случае включает семь элементов и строится по следующей системе: 100ГТ18АЗ,

где первое число, например 100, — обозначение размера вентилей (см. табл. 1);

первая буква, например Г, — обозначение класса вентилей;

вторая буква, например Т,	—	обозначение вида вентильного комплекта, в данном случае трехфазного моста;
второе число, например 18,	—	общее количество вентилей;
третья буква, например А,	—	серия вентиля;
третье число, например 3,	—	число параллельно включенных вентилей.

В конце обозначения типа вентильного комплекта (выпрямительного столба) ставят обозначение дополнительного специального исполнения, характеризующее отклонения от нормализованной конструкции окрашенных элементов, предназначенных для работы на воздухе.

Конструкции выпрямительных устройств с селеновыми вентилями. Для уменьшения габаритов, веса и стоимости выпрямительных устройств на автомобилях и автобусах селеновые вентили применяют лишь при условии интенсивного обдува выпрямителя потоком встречного воздуха (автомобиль модели ЗАЗ-965 «Запорожец», автобусы ЛАЗ-695 и др.) или потоком воздуха, охлаждающего двигатель (автобусы ЗИЛ-158 и др.).

Указанные в табл. 1 номинальные токи даны для условий естественного охлаждения (без обдува). При интенсивном принудительном охлаждении допускается 3—4-кратная перегрузка вентилей по току в длительном режиме эксплуатации на автомобиле. Величина допустимой перегрузки установлена, исходя из условия, чтобы температура вентилей не превысила максимально допустимой величины +75°С (при температуре окружающей среды, соответствующей условиям эксплуатации).

Конструкции автомобильных выпрямительных устройств, именуемые в практике выпрямителями, как правило, состоят из выпрямительного столба, укрепленного на двух стойках, служащих одновременно для монтажа выпрямителя на автомобиле или автобусе.

Выпрямительные устройства В310, РС310, РС300-А (рис. 23, 24, 25) имеют идентичную конструкцию и рассчитаны для работы при принудительном охлаждении потоком воздуха со скоростью не менее 3 *м/сек*. Выпрямительное устройство В150 (рис. 26) рассчитано для работы в условиях естественного воздушного охлаждения и устанавливается в кабине трактора К-700; в отличие от рассмотренных выше выпрямительных устройств на нем устанавливают защитный кожух решетчатой формы.

Основные параметры указанных выше выпрямительных устройств приведены в табл. 3.

§ 3. Конструкции и параметры кремниевых вентилей

Для выпрямления тока автомобильных генераторов переменного тока и для работы в цепях регулирующих устройств применяют кремниевые вентили общепромышленного назначения, а

Таблица 3

Параметры селеновых выпрямителей для автомобилей

Параметры выпрямительного столба			Параметры выпрямительного устройства			Тип генератора, с которым работает выпрямитель	Тип автомобиля, автобуса, трактора, на котором устанавливают выпрямитель
тип	номинальное напряжение, *в* (действующее значение)	номинальный ток, *а*	тип	номинальное напряжение, *в* (действующее значение)	номинальный, ток *а*		
100ГТ6А	18	6	В310	12	20	Г501	ЗАЗ-965 «Запорожец»
100ВТ6А	24	6					ЗАЗ-966 «Запорожец»
100ГТ12А2	18	12	РС310	12	40	Г253	Автобус ПАЗ-652
100ВТ12А2	24	12					
100ГТ18А3	18	16	РС300	12	60	Г2-Б	Автобусы: ЛАЗ-695, ЗИЛ-158
100ВТ18А3	24	16	РС300-А				
120ГТ18Я3	24	65	В150	12	80	Г285	Трактор К-700

также вентили специальной конструкции, предназначенные для автомобильных генераторов. Ниже дано краткое описание конструкций и характеристик указанных вентилей, а их параметры и эксплуатационные данные приведены в табл. 4.

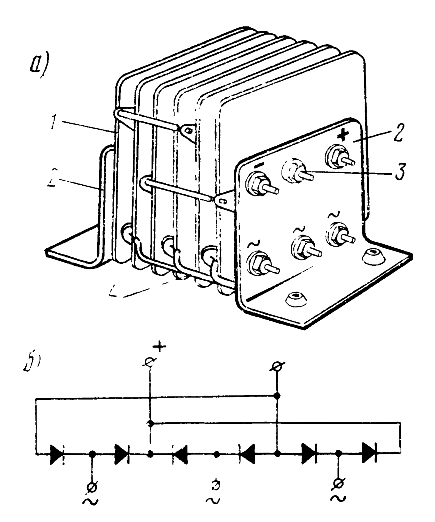


Рис. 23. Общий вид (*а*) и электрическая схема (*б*) соединений селенового выпрямителя В310 для автомобиля ЗАЗ-965 «Запорожец»:

1 — выпрямительный столб; *2* — стойки; *3* — болт, на котором собран выпрямительный столб; *4* — соединения между вентилями (элементами)

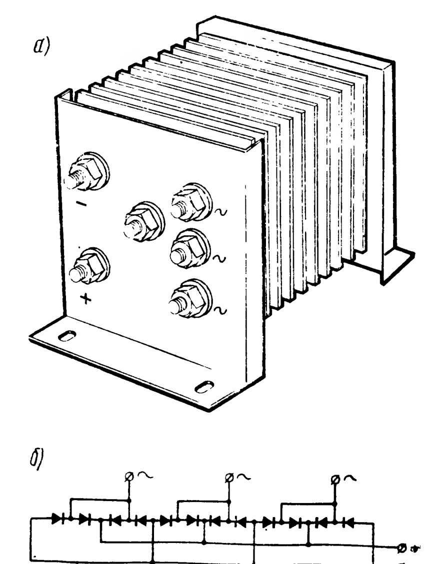


Рис. 24. Общий вид (*а*) и электрическая схема (*б*) соединений селенового выпрямителя РС310 для автобусов ПАЗ-652

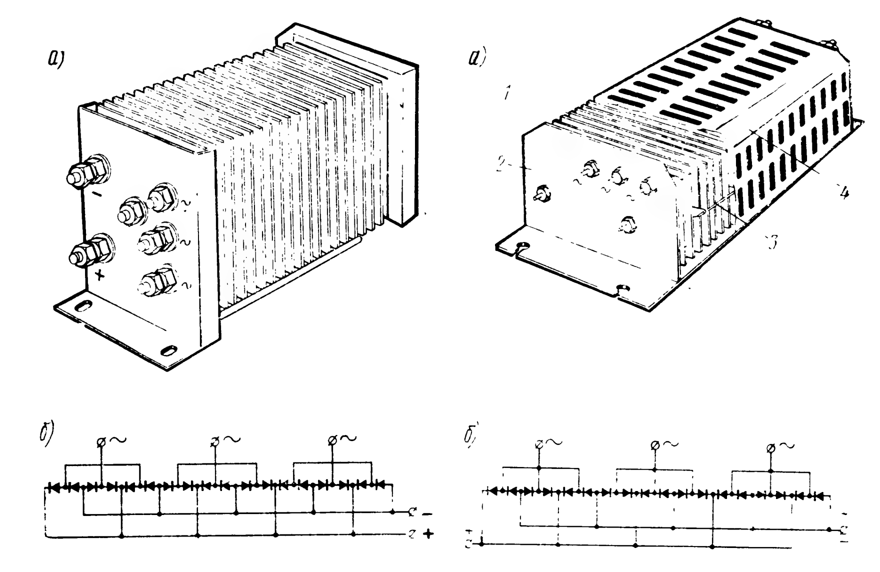


Рис. 25. Общий вид *(а)* и электрическая схема *(б)* соединений селенового выпрямителя РС300А для автобусов ЛАЗ-695

Рис. 26. Общий вид *(а)* и электрическая схема *(б)* соединений селенового выпрямителя В150 для трактора К-700:
1 — выпрямительный столб; *2* — стойка; *3* — соединения между вентилями (элементами); *4* — защитный кожух

Кремниевые вентили типа Д242. На рис. 27, *а* схематически показана конструкция кремниевого вентиля (диода) Д242-А, общепромышленного назначения, применяемого для выпрямления тока в автомобильном генераторе переменного тока типа Г250 (12 *в*, 40 *а*).

Вентиль Д242-А состоит из основания *1*, корпуса *2*, наружного вывода *3*, кристалла кремния *6*, заключенного между прокладками *7* из вольфрама (внизу) и свинца (вверху), внутреннего вывода *4* и изолятора *5*.

В качестве электродов выпрямительного элемента со стороны основания используют вольфрамовую прокладку, припаиваемую к кремниевой пластинке и защищающую ее от механических повреждений; вольфрам выбран вследствие близких значений температурных коэффициентов линейного расширения кремния и вольфрама.

Для обеспечения герметичности прибора, корпус *2* и основание *1* сваривают по периметру, а пространство между корпусом и коваровым наружным выводом *3* заполняют (термическим способом) стеклом, образующим изолятор *5*; конец наружного вывода *3* в месте соединения с внутренним выводом *4* сваривают.

На рис. 27, *б* приведены вольтамперные характеристики кремниевых вентилей Д242-А, построенные в относительных единицах по прямому и обратному току, а также по обратному напряжению; прямое падение напряжения дано в вольтах. Из приведенных характеристик следует, что с увеличением температуры значительно увеличивается обратный ток вентиля и уменьшается прямое падение напряжения, что объясняется увеличением числа основных носителей тока с повышением температуры. Поэтому повышение температуры корпуса вентиля выше допустимого значения 130°C опасно с точки зрения резкого увеличения обратного тока и, наоборот, уменьшение температуры ниже —60°C вызывает чрезмерное увеличение прямого падения напряжения вентиля.

Для упрощения монтажа вентилей в выпрямительных устройствах отечественная промышленность выпускает два типа конструктивного исполнения вентилей: прямой и обратной полярности.

В вентилях прямой полярности (Д242-А) плюс выпрямленного тока будет на корпусе. Направление тока обозначают на корпусе стрелкой, направленной от вывода к корпусу. В наиболее широко применяющейся в автомобильных генераторах схеме выпрямления А. Н. Ларионова три вентиля типа Д242-А монтируют на одном теплоотводе, имеющем знак «+», поэтому в практике вентили типа Д242-А называют вентилями «положительной» полярности.

В вентилях обратной полярности (Д242-АП) плюс выпрямленного тока будет на выводе. Направление тока обозначают на корпусе стрелкой, направленной от корпуса к выводу. В схеме выпрямления А. Н. Ларионова три вентиля Д242-АП монтируют на теплоотводе, в данном случае на крышке генератора,

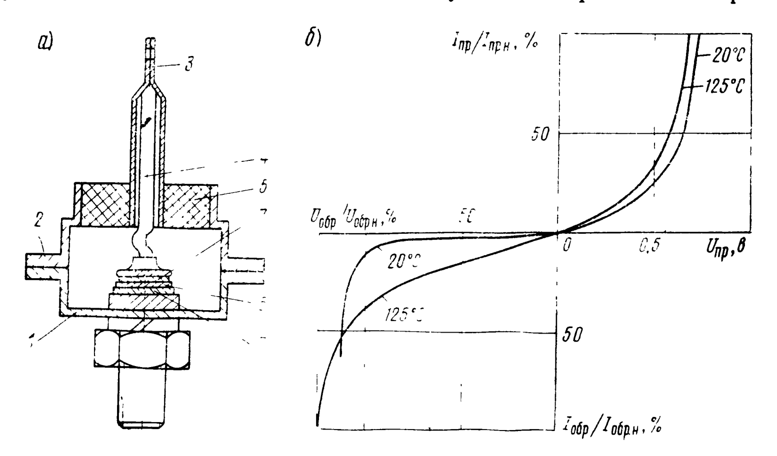


Рис. 27. Конструкция кремниевого вентиля Д242 А *(а)* и его вольтамперные характеристики в относительных единицах *(б)*

Параметры

Параметры	ВК310	Д242	Д242-А	Д242-АП
Номинальный прямой ток, *а*	10	5	10	10
Длительное значение прямого тока нагрузки, *а*	13	—	—	—
Максимальное обратное рабочее напряжение, *в*, не менее	100	100	100	100
Прямое падение напряжения при номинальном токе, *в*, не более	0,6	1,0	1,0	1,0
Обратный ток при максимальном обратном напряжении, *ма*, не более	3	3	3	3
Допустимая температура окружающей среды, °С, не ниже	—50	—60	—60	—60
Максимальная допустимая температура корпуса вентиля при длительном прямом токе, °С	+130	+130	+130	+130
Срок службы, *ч*	10 000	5000	5000	5000
Диаметр корпуса вентиля под запрессовку, *мм*	$12{,}77^{\pm 0{,}04}$	—	—	—
Диаметр отверстия в теплоотводе под запрессовку, *мм*	$12{,}66^{+0.019}$	—	—	—
Максимальный диаметр буртика, *мм*	16	—	—	—
Максимальная высота вентиля с выводом, *мм*	21±0,5	—	—	—
Полярность на корпусе	Плюс	Плюс	Плюс	Минус
Диапазон частоты тока, *гц*	50—1200	50—1000	50—1000	50—1000
Усилие запрессовки вентиля в теплоотвод, *кг*	100—500	—	—	—

имеющем знак «—»; поэтому вентили типа Д242-АП называют вентилями «отрицательной» полярности.

В конструкциях автомобильных регуляторов напряжения применяют также кремниевый вентиль типа Д242, который отличается от вентилей типа Д242-АП, Д242-А только по электрическим параметрам, а по посадочным и габаритным размерам полностью идентичен с ними.

Кремниевые вентили ВК310. Кремниевые вентили типа ВК310 разработаны специально для автомобильных генераторов переменного тока и отличаются от вентилей типа Д242 в основном конструкцией корпуса, приспособленного для запрессовки в теплоотводы. Вентиль ВК310, общий вид которого показан на рис. 28, состоит из цилиндрического корпуса *1* с внешней продольной накаткой для запрессовки в теплоотвод (охладитель), кристалла кремния *2*, припаянного к корпусу, прокладки *3*, коварового кольца *4*, наружного вывода *5*, внутреннего вывода *6* и герметизирующего изолятора *7*.

Вентили типа ВК310 предназначены для выпрямления пере-

кремниевых вентилей

ВКД4-25	ВКД4-25-0	ВА20	ВК50	ВКД50	КД202-В	КД202-Г
25	25	20	50	50	3	1
—	—	—	50	50	—	—
150	150	150	150	150	100	100
0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	1,0	1,0
5	5	3	1,0	1,0	1,0	1,0
—50	—50	—50	—50	—50	-60^{+5}	$-60^{\pm 5}$
+130	+130	+150	+140 (перехода)	+140 (перехода)	+130	+130
10 000	10 000	8 000	10 000	10 000	5000	5000
$15^{+0,25}_{+0,15}$	$15^{+0,25}_{+0,15}$	12,73—12,8	—	—	—	—
$15^{+0,35}$	$15^{+0,035}$	$12,64^{\pm 0,02}$	—	—	—	—
—	—	16	—	—	—	—
35	35	18,8	—	—	37	37
Плюс	Минус	—	Плюс	Плюс	—	—
—	—	—	50—400	50—500	До 1200	До 1200
Не более 1000	Не более 1000	100—500	—	—	—	—

менного тока в диапазоне частот от 50 *гц* до 1200 *гц в* условиях принудительного воздушного охлаждения. Вентили ВК310 выпускают в двух исполнениях — с прямой и обратной полярностью корпуса. В вентилях прямой полярности «+» выпрямленного тока будет на корпусе. В вентилях обратной полярности на корпусе будет «—» выпрямленного тока; соответственно вентили называют на практике вентилями «положительной» и «отрицательной» полярности.

Условное обозначение вентилей складывается из трех условных знаков: первый знак, состоящий из букв ВК, обозначает вентиль кремниевый; цифры обозначают: *3* — номер конструктивного исполнения вентиля; *10* — величину номинального прямого тока.

Вентили прямой и обратной полярностей различаются внешне по цвету маркировки, наносимой краской на донышке корпуса. Вентили прямой полярности («положительные») помечают красной краской, а вентили обратной полярности («отрицательные») — черной краской.

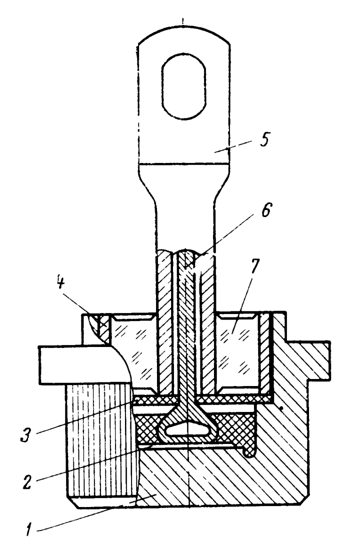


Рис. 28. Конструкция кремниевого вентиля ВК310

Кремниевые вентили ВКД4-25. Кремниевые вентили типа ВКД4-25 являются разновидностью автомобильного вентиля и предназначены для выпрямления тока автомобильных и автобусных генераторов переменного тока мощностью 750—1200 *вт.*

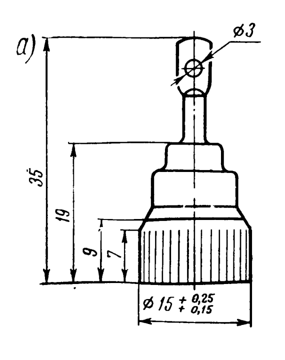
Вентили ВКД4-25 являются высокочастотными и конструктивно отличаются от вентилей ВК310 габаритами корпуса и выводов (рис. 29, *а*). Вентили ВКД4-25 выпускают также в двух исполнениях — с прямой и обратной полярностью корпуса. В вентилях «прямой» полярности «+» выпрямленного тока — на корпусе, на который нанесена стрелка, показывающая направление от вывода к корпусу. В вентилях «обратной» полярности на корпусе «—» выпрямленного тока. На вентиль нанесена стрелка, показывающая направление от корпуса к выводу; кроме этого, на корпус нанесена буква «О».

Обозначение вентиля ВКД4-25:

ВК — вентиль кремниевый; Д — диффузионный; Ч — частотный;

25 — величина номинального прямого тока.

Кремниевые вентили типа ВА20. Вентили ВА20 разработаны для автомобильных генераторов переменного тока легковых автомобилей ВАЗ-2101 и отличаются от вентилей типа ВК310 параметрами, конструкцией вывода и способом соединения выводов в схеме выпрямления тока генератора. Общий вид вентиля ВА20 приведен на рис. 29, *б*.



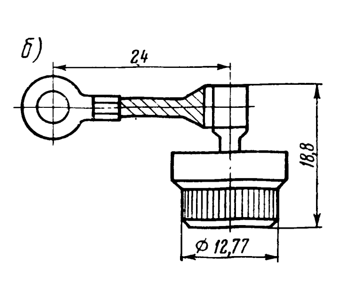
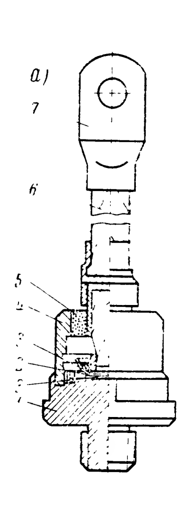


Рис. 29. Общий вид кремниевого вентиля ВКД4-25 (*а*) и кремниевого вентиля ВА20 (*б*)



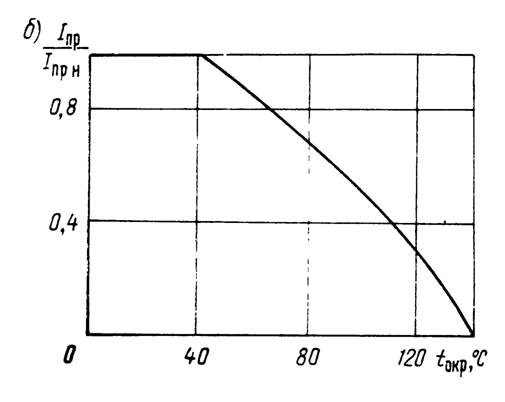


Рис. 30. Конструкция кремниевого вентиля типа ВКД50 *(а)* и зависимость прямого тока вентиля от температуры окружающей среды *(б)*

Вентили выпускают в двух исполнениях: прямой и обратной полярностей. Буквы и цифры в обозначении вентиля означают: ВА — вентиль кремниевый автомобильного типа; 20 — номинальное значение прямого тока.

Кремниевые вентили типа ВК50 и ВКД50. Кремниевые вентили типа ВК50 и ВКД50 выпускаются отечественной промышленностью для общетехнического применения и используют на автомобильных и автобусных генераторах переменного тока Г261 (Г290) мощностью 3500—4000 *вт.*

Вентили ВК50 и ВКД50 (рис. 30, *а*) состоят из следующих основных деталей и узлов: массивного медного корпуса *1,* к основанию которого припаивают выпрямительный элемент из монокристаллической пластины *2* и термокомпенсирующих вольфрамовых пластин *3,* кожуха *4,* изолирующей втулки *5,* вывода *6* и наконечника *7.*

Для защиты от влаги, загрязнения и механических повреждений вентильный элемент помещают в герметичном пространстве, образуемом корпусом, кожухом и изолирующей втулкой. Вентили ВК50 и ВКД50 монтируют в теплоотводы ввинчиванием резьбовой части хвостовика корпуса в теплоотвод. Вентили охлаждают принудительно потоком воздуха. При эксплуатации вентилей при повышенных температурах окружающей среды, номинальное значение прямого тока выбирают в соответствии с кривой, приведенной на рис. 30, *б.*

Кремниевые вентили КД202. Высокочастотные кремниевые вентили типа КД202 (рис. 31, *а*) применяют в бесконтактном транзисторном регуляторе напряжения РР350 для автомобильных генераторов переменного тока Г250-Е и др.

Из кривых (рис. 31, *б*) следует, что до температуры 80°С на корпусе вентили КД202-Г, допускают токи до +5 *а,* вентили

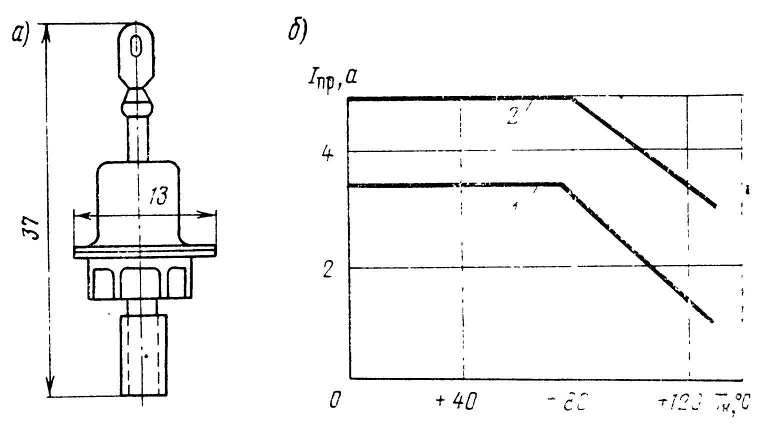


Рис. 31. Общий вид кремниевого вентиля КД202 *(а)* и зависимость допустимого среднего значения прямого тока от температуры корпуса *(б)*:
1 — для вентилей КД202-В; *2* — для вентилей КД202-Г

КД202-В — до 3,5 *а;* при температурах корпуса свыше +80°С прямой ток должен снижаться и при температуре +120°С составляет соответственно 3 *а* и 1 *а*.

В табл. 4 приведены характеристики кремниевых вентилей, описанных выше и применяемых в автомобильных генераторах переменного тока и регуляторах напряжения.

Блоки кремниевых выпрямителей. Кремниевые силовые вентили автомобильных генераторов переменного тока, соединенные по схеме А. Н. Ларионова, образуют конструкцию выпрямительного устройства. Наибольшее распространение получили следующие три основные конструктивные схемы исполнения выпрямителей, состоящих из разнополярных вентилей.

К первой конструктивной схеме относят выпрямители, состоящие из двух групп разнополярных вентилей, три из которых (отрицательной полярности) смонтированы в крышке генератора, а три вентиля (положительной полярности) на изолированном теплоотводе (рис. 32, *а*). Выводы вентилей соединяют проводами между собой и с обмотками фаз генератора. Клемму «+» генератора выводят из изолированного теплоотвода, клемму «—» — от крышки генератора. По такой конструктивной схеме выполнены генераторы типа Г250 с вентилями Д242 и др.

По второй конструктивной схеме исполнения (рис. 32, *б*) вентильные группы разных полярностей монтируют на двух теплоотводах, один из которых выводят к клемме «+» генератора, а другой — к клемме «—» генератора.

По третьей конструктивной схеме исполнения разнополярные вентили монтируют попарно на трех отдельных теплоотводах, одновременно выполняющих роль фазных выводов генератора,

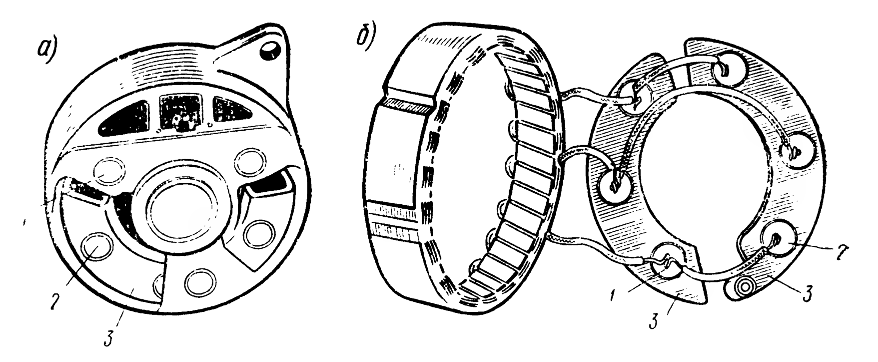


Рис. 32. Схемы размещения и монтажа кремниевых вентилей:
а — в крышке генератора и теплоотводящей пластине (теплоотводе);
б — в двух теплоотводах;
1 — вентили отрицательной полярности; *2* — вентили положительной полярности;
3 — теплоотвод

и образуют блок кремниевых выпрямителей. Положительные выводы вентилей припаивают к одной сборной шине, являющейся выводом «+» генератора, а отрицательные выводы припаивают к другой сборной шине, являющейся выводом «—» генератора.

На рис. 33 изображены конструкция и электрическая схема автомобильного блока кремниевых выпрямителей типа ВБГ1. Блок состоит из трех отдельных моноблоков *1*, пластмассового основания *2*, на котором крепятся моноблоки и две соединительные шины *3* и *4* — отрицательной и положительной полярности. Каждый моноблок состоит из алюминиевой отливки с охлаждающими ребрами (теплоотвода), внутри которой размещаются два кремниевых *p*—*n*-перехода, загерметизированных в своих ячейках и соответствующих двум вентилям в электрической схеме, изображенной на рис. 33, *б*.

Выводы *p*—*n*-переходов припаивают к сборным шинам. С противоположной от радиаторов стороны в каждый моноблок

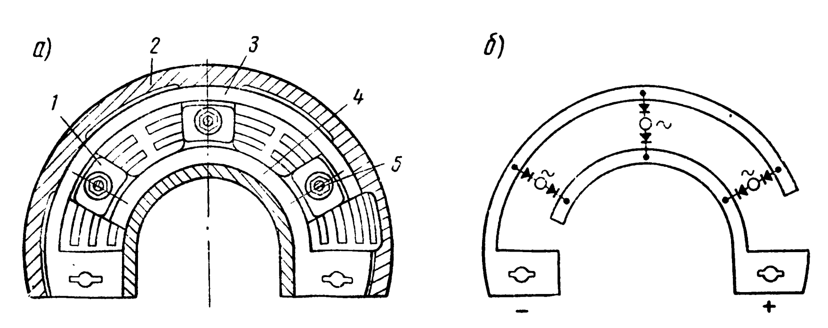


Рис. 33. Общий вид блока ВБГ1 (*а*) и его электрическая схема (*б*)

заливают болт 5, служащий для соединения с концами фаз обмотки статора. Внутренние соединения вентильных *p—n*-переходов, болтов 5 и шин образуют трехфазную схему выпрямления А. Н. Ларионова. Таким образом, значительно облегчается монтаж выпрямительного блока при сборке генератора, который сводится лишь к присоединению трех концов обмотки фаз к болтам 5 и затяжке выводных болтов генератора, проходящих через отверстия в соединительных шинах и служащих как в качестве выводных клемм «+» и «—» генератора, так и для механического крепления блока в крышке генератора.

Основные параметры выпрямительного блока ВБГ1 приведены ниже:

Номинальный прямой ток перехода, *а* . .	10
Длительный » » , *а*	17
Максимальное обратное напряжение перехода, *в*	100
Обратный ток *p—n*-перехода при максимальном обратном напряжении, *ма* . .	3
Максимальная температура корпуса, °С	130

§ 4. Германиевые вентили

В силовых выпрямительных устройствах систем электроснабжения автомобилей германиевые вентили вследствие недостаточной стойкости к повышенным температурам применения не находят. Однако их применяют в регуляторах напряжения. Например, в контактно-транзисторном регуляторе РР362 используют германиевый диод типа Д7Б, общий вид и характеристики которого приведены на рис. 34.

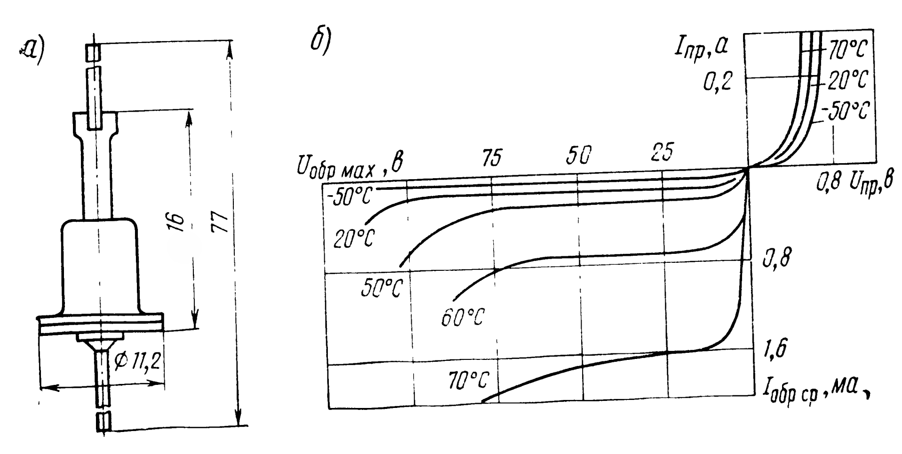


Рис. 34. Общий вид (*а*) и вольтамперные характеристики германиевого диода Д7Б (*б*) при различных температурах окружающей среды

Основные параметры диода Д7Б приведены ниже.

Максимальный выпрямленный ток при 20÷50° C, *а*	0,3
Максимальное обратное рабочее напряжение, в:	
при 20° C	100
» 50° C	60
» 70° C	35
Прямое падение напряжения, *в*, не более	0.5
Обратный ток при максимальном рабочем напряжении (среднее значение при 20° C), *ма*	0.1
Интервал рабочих температур, ° C	от —60 до +70
Срок службы, *ч*, не менее	2000

§ 5. Кремниевые стабилитроны

Для работы в схеме стабилизации напряжения бесконтактного транзисторного регулятора напряжения используют так называемый стабилитрон, или опорный диод типа Д808, общий вид которого приведен на рис. 35, *а*. Стабилитрон оформлен в металло-стеклянном герметичном корпусе с гибкими выводами. Кремниевый *p*—*n*-переход стабилитрона, получаемый специальным способом, обладает свойством значительного увеличения обратного тока как только обратное напряжение превысит некоторый предел.

Основные параметры стабилитрона Д808 приведены ниже:

Напряжение стабилизации при токе 5 *ма, в*	7÷8,5
Максимальный ток стабилизации при температуре от —55° C до +50° C, *ма*	33
То же, при температуре 100°C, *ма*	8
Прямое падение напряжения при токе 50 *ма, в*	1
Максимальная мощность:	
при температуре от —55° C до +50° C, *мвт*	280
при температуре 100° C, *мвт*	70
Срок службы, *ч*, не менее	5000

На рис. 35, *б* также приведены вольтамперные характеристики кремниевого стабилитрона для прямого и обратного напряжений, снятые при различных температурах окружающей среды.

Из приведенных данных, вольтамперная характеристика стабилитрона в прямом направлении также изменяется с изменением температуры корпуса стабилитрона; с увеличением температуры прямое падение напряжения в стабилитроне уменьшается.

Вольтамперная характеристика стабилитрона в обратном направлении существенно отличается от характеристики обычного кремниевого вентиля. До определенной величины обратного напряжения, называемого напряжением стабилизации, увеличение обратного напряжения практически не приво-

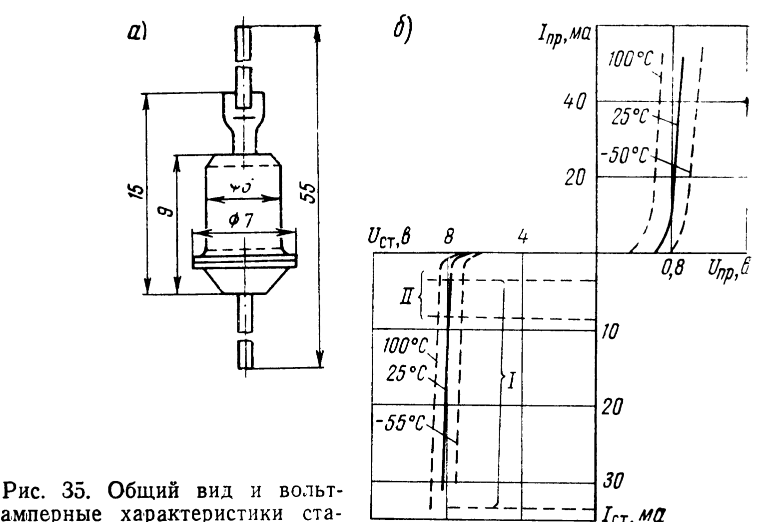


Рис. 35. Общий вид и вольт-амперные характеристики стабилитрона Д808 при различных температурах окружающей среды (допустимая рабочая область указана скобками):

I — для температуры от —50°С до +50°С; *II* — для температуры 100°С

дит к появлению заметного обратного тока, и, следовательно, в этой области стабилитрон имеет весьма большое обратное сопротивление. При дальнейшем увеличении обратного напряжения имеет место пробой *р—n*-перехода и резкое увеличение величины обратного тока, следовательно, резко уменьшается сопротивление стабилитрона в обратном направлении. Этот процесс является обратимым, т. е. при снятии напряжения или при его уменьшении ниже напряжения стабилизации свойства стабилитрона восстанавливаются. Указанное свойство стабилитрона используют для управления режимом работы транзистора в автомобильных бесконтактных регуляторах напряжения.

§ 6. Транзисторы

Транзистор представляет собой кристалл, состоящий из областей, образующих два *р—n*-перехода, и имеет три выводных электрода: эмиттер — *Э*, базу — *Б* и коллектор — *К* (рис. 36). Переход между эмиттером и базой называют эмиттерным переходом, а переход между коллектором и базой — коллекторным.

В зависимости от сочетания областей с различными проводимостями применяют транзисторы двух типов: *р—n—р* или *n—р—n*. У транзистора типа *р—n—р* эмиттер имеет положительную полярность по отношению к базе, а коллектор — отрицательную (рис. 36, *а*). У транзистора типа *n—р—n* полярность обратная. Условное обозначение, наиболее широко применяемо-

го в автомобильных регуляторах напряжения транзистора П4Б типа *p-n-p* дано на рис. 36, *б*.

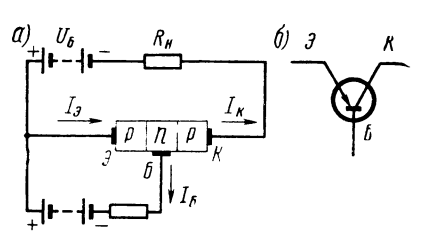


Рис. 36. Схема включения транзистора типа *p — n — p* (*a*) и его условное обозначение (*б*)

Три области транзистора с разделяющими их двумя переходами по существу выполняют такие же функции, какие выполняют электроды в ламповом триоде. Эмиттер инжектирует (эмиттирует), как и катод в электронной лампе, заряды, являющиеся основными носителями тока в приборе. Коллектор, как и анод в электронной лампе, принимает эти заряды и таким образом поддерживает ток внутри прибора и во внешней цепи. Промежуточная область транзистора —база, как и сетка в электронном приборе, выполняет функции управляющего электрода, регулирующего величину потока зарядов и тем самым, управляющего значением тока, проходящего через транзистор.

Конструктивное исполнение транзисторов, выпускаемых в настоящее время, разнообразное. На рис. 37 приведено схематическое изображение конструкции транзистора типа П4, состоящего из: стального корпуса (фланца) *1* с припаянным к нему медным вкладышем *2*, кристалла германия *3* с переходами, привариваемой к корпусу герметизирующей колбы *4* и электродов (базы *5*, эмиттера *6* и коллектора *9*). Коллектор транзистора соединен с корпусом транзистора через медный вкладыш. Наружные выводы изолированы от корпуса стеклянными изоляторами *8*, спаянными с корпусом посредством металлических трубок *7*.

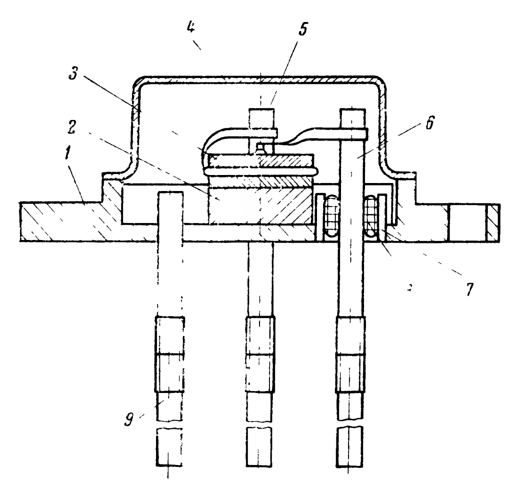


Рис. 37. Конструкция транзистора типа П4

Колба защищает кристалл от механических повреждений и одновременно облегчает отвод тепла от прибора. Тепло от прибора отводится в основном через корпус и специальный теплоотвод с развитой поверхностью.

Схема включения транзистора, представленная на рис. 36, *а*, называется схемой с общим эмиттером (так как эмиттер входит в цепь базы и в цепь коллектора). Транзисторы в цепях регулирования напряжения авто-

мобильных генераторов используют в режимах усилителя тока обмотки возбуждения и, поэтому основной характеристикой их является коэффициент усиления по току *B*, который определяется при постоянном значении напряжения между базовым и коллекторным электродами $U_{бк}$ по выражению

$$B = \frac{I_к}{I_б},$$

где: $I_к$, $I_б$ — токи, протекающие соответственно через коллекторный и базовый электроды транзистора.

В зависимости от напряжения на переходах транзистор может находиться в трех состояниях: открытом (состояние насыщения), закрытом (состояние отсечки) и промежуточном (активное состояние).

В открытом состоянии внутреннее сопротивление транзистора минимально и составляет десятые доли ома; это состояние обеспечивается в том случае, когда напряжение к переходам приложено в прямом направлении, т. е. напряжение между эмиттерным и базовым электродом $U_{эб} > 0$ и напряжение между базовым и коллекторным электродом $U_{бк} > 0$.

В закрытом состоянии внутреннее сопротивление транзистора в 1000 раз больше, чем в открытом состоянии. Это состояние обеспечивается в случае, когда к переходам приложено напряжение в обратном направлении, т. е. $U_{эб} < 0$ и $U_{бк} > 0$.

В активном состоянии внутреннее сопротивление транзистора изменяется в широких пределах от десятых долей ома до нескольких тысяч ом. Это состояние обеспечивается в случае, когда к эмиттерному переходу напряжение приложено в прямом направлении, т. е. $U_{эб} > 0$, а к коллекторному переходу — в обратном направлении.

Для иллюстрации усилительных качеств транзистора на рис. 38 приведена основная статическая характеристика германиевого транзистора П4Б, снятая для схемы с общим эмиттером при температуре воздуха, окружающего прибор, +20° С. По оси абсцисс откладывают напряжение эмиттер — коллектор $U_{эк}$ в вольтах, а по оси ординат ток коллектора в амперах.

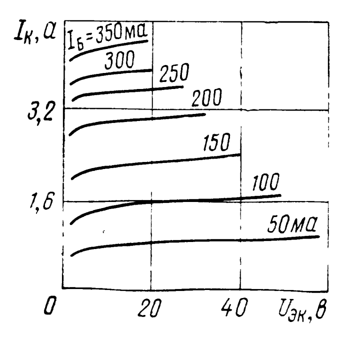


Рис. 38. Статическая характеристика германиевого транзистора П4Б

Из характеристики видно, что, например, при напряжении $U_{эк}$, равном 10 *в*, и при токе базы 50 *ма* ток коллектора равен 0,8 *а*. Если при том же напряжении увеличить ток базы с 50 *ма* до 250 *ма*, то ток коллектора становится равным примерно 3,5 *а*; при этом коэффициент усиления по току равен 14—16.

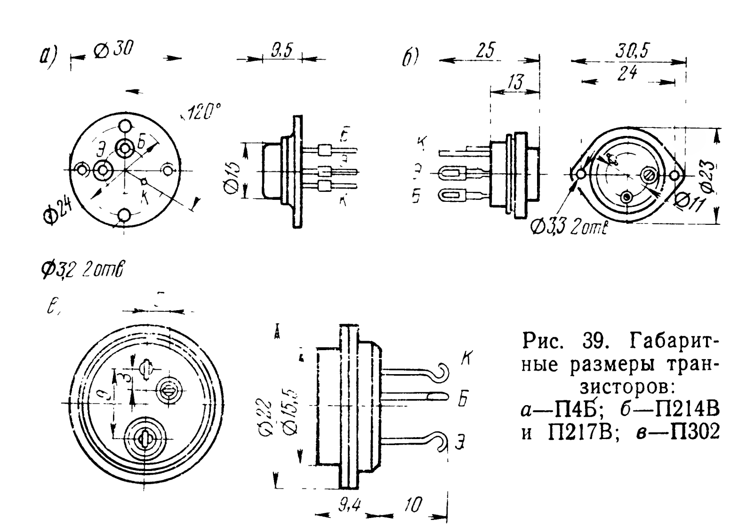


Рис. 39. Габаритные размеры транзисторов: *а*—П4Б; *б*—П214В и П217В; *в*—П302

Основные параметры транзисторов, применяемых в настоящее время в автомобильных регуляторах напряжения, приведены в табл. 5 и показаны на рис. 39.

Таблица 5

Параметры транзисторов

Параметры	Обозначение транзистора			
	П4БЭ	П214В	П217	П302
Тип транзистора	Германиевый сплавной *p—n—p*	Германиевый сплавной *p—n—p*	Германиевый сплавной *p—n—p*	Кремниевый сплавной
Коэффициент усиления по току	15—40 при: $U_к=10$ *в*; $I_к=2$ *а*	20 при: $U_к=5$ *в*; $I_к=0,2$ *а*	15—40 при: $U_к=3$ *в*; $I_к=2$ *а*	6—10
Падение напряжения на открытом транзисторе, *в*	0,5 при $I_к=2$ *а* $I_б=0,3$ *а*	2,5	0,5	—
Напряжение между коллектором и эмиттером, амплитудное значение, *в*	50	55	60	30—35
Ток коллектора, *а*	5	5	7,5	0,5
Диапазон рабочих температур, °С	от —60 до +70	от —60 до +70	от —60 до +70	от —50 до +85
Тепловое сопротивление, *град/вт*	2	4	—	10
Максимальная мощность, рассеиваемая в транзисторе, *вт*	30	—	24	1 (без теплоотвода)
Максимальная температура перехода, °С	90	80	85	120
Срок службы, *ч*	5000	5000	5000	5000

Параметры, характеризующие тепловой режим транзисторов, позволяют определить режимы работы транзисторов при различных условиях эксплуатации. Важным параметром транзисторов является максимально-допустимая температура перехода $t_к$, где происходит выделение основной части рассеиваемой электродом электрической мощности.

Связь между температурой перехода $t_п$ и температурой корпуса $t_к$ транзистора определяют зависимостью:

$$t_п = t_к + PR_{тп-к},$$

где $R_{тп-к}$ — тепловое сопротивление участка переход — корпус транзистора, измеряемое в градусах на ватт выделяемой в транзисторе мощности P.

Во всех случаях применения тепловой режим транзисторов выбирают таким, чтобы радиаторы (теплоотводы) обеспечивали такую температуру корпуса, при которой температура перехода не превышает допустимого значения, приведенного в табл. 5.

Глава III

КОНСТРУКЦИИ ГЕНЕРАТОРОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

§ 1. Типы и основные характеристики автомобильных генераторов переменного тока

По конструктивным особенностям генераторы можно разбить на следующие основные группы.

Генераторы с электромагнитным возбуждением и со встроенными кремниевыми выпрямителями. К ним относятся генераторы:

на номинальное напряжение 12 *в* и максимальный ток самоограничения 40 *а*. Основной тип — Г250;

на номинальное напряжение 12 *в* и максимальный ток самоограничения 42 *а*. Основной тип — Г221;

на номинальное напряжение 24 *в* и максимальный ток самоограничения 30 *а*. Основной тип — Г270;

на номинальное напряжение 12 *в* и максимальный ток самоограничения 80 *а*. Основной тип — Г280;

на номинальное напряжение 24 *в* и максимальный ток нагрузки 150 *а*. Основной тип — Г290.

Генераторы с электромагнитным возбуждением и отдельными селеновыми выпрямителями. К ним относятся генераторы:

на номинальное напряжение 12 *в* и номинальный ток нагрузки 20 *а*. Основной тип — Г501;

на номинальное напряжение 12 *в* и номинальный ток нагрузки 38—40 *а*. Основной тип — Г253;

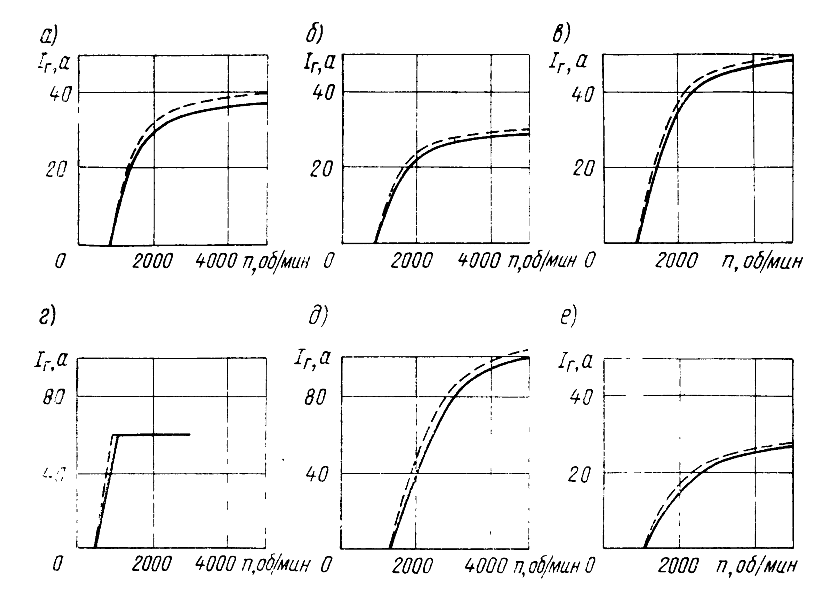


Рис. 40. Токоскоростные характеристики автомобильных генераторов переменного тока в холодном (пунктирные линии) и горячем (сплошные линии) состояниях при независимом возбуждении:
а — Г250; *б* — Г270; *в* — Г253; *г* — Г2-Б; *д* — Г285; *е* — Г501
(генератор Г2-Б работает с ограничителем тока)

на номинальное напряжение 12 *в* и номинальный ток нагрузки 60—63 *а*. Основной тип — Г2-Б;

на номинальное напряжение 12 *в* и номинальный ток нагрузки 80 *а*. Основной тип — Г285.

Типы генераторов и марки автомобилей, автобусов и тракторов, на которых их устанавливают, приведены в табл. 6. Технические характеристики генераторов при независимом возбуждении и в холодном состоянии приведены в табл. 7. Токоскоростные характеристики некоторых генераторов, указанных в табл. 7, показаны на рис. 40.

Таблица 6

Типы генераторов и их применение

Типы генераторов	Тип реле-регулятора выпрямителя	Автомобили или тракторы, на которых их применяют
Г250, Г250-А1	РР362	УАЗ-451Д
Г250-Б, Г250-Б1	РР362	ГАЗ-54
Г250-В, Г250-В1	РР362	ГАЗ-66
Г250-Г, Г250-Г1	РР362	ГАЗ-53
Г250-Д, Г250-Д1	РР362	ГАЗ-52
Г250-Е, Г250-Е1	РР362	ГАЗ-24 «Волга»
Г250-И, Г250-И1	РР350-А	ЗИЛ-130
Г250-Ж, Г250-Ж1	РР362	«Москвич-408»

Продолжение табл. 6

Типы генераторов	Тип реле-регулятора выпрямителя	Автомобили или тракторы, на которых их применяют
Г221	РР380	ВАЗ-2101
Г270, Г270-А1	РР127 или РР137	МАЗ-500, МАЗ-503, МАЗ-503Б, МАЗ-504, МАЗ-504Б, МАЗ-511, КрАЗ-256, КрАЗ-257, КрАЗ-258
Г280	РР350	ГАЗ-14 «Чайка»
Г261, Г290	РР361	Грузовые автомобили большой грузоподъемности
Г261-Б, Г290-Б		
Г256	РР103-Б	
Г263	РР361-А	
Г501	РР310: селеновый выпрямитель В310	«Запорожец»
Г253	РР115: селеновый выпрямитель РС310 или РС115-В	ПАЗ-652 ПАЗ-652Б
Г2-Б	РР5; селеновый выпрямитель РС300 или РС300-А	ЗИЛ-158 ЛАЗ-695В
Г285	РР385; селеновый выпрямитель В150	К-700

Таблица 7

Технические характеристики генераторов

Тип генератора	Без нагрузки		С нагрузкой			Максимальный ток самоограничения при n=5000 *об/мин*, *а*
	напряжение, *в*	скорость вращения ротора, при которой напряжение достигает заданной величины, *об/мин*	напряжение, *в*	ток нагрузки, *а*	скорость вращения ротора, при которой достигается заданное напряжение при заданном токе нагрузки, *об/мин*	
1	2	3	4	5	6	7
Г250 и все модификации	12,5	900	12,5	28	2100	40
Г221	12,5	1000	12,5	25	2000	42
Г270, Г270-А1	25	950	25	20	1800	30
Г280	12,5	1000	12,5	80	2500	80
Г290, Г290-Б	25	1450	25	150	2500	Дополнительное требование. При скорости 800 *об/мин* линейное напряжение между зажимами $Л_1$ и $Л_2$ должно быть равно 11÷13 *в*.
Г261, Г261-Б	25	1450	25	120	2300	
Г256	12,5	1050	12,5	100	1500	—
Г263	25	1450	12,5	150	2500	—
Г501	12,5	1100	12,5	20	2500	—
Г253	12,5	1000	12,5	38	2300	—
Г2-Б, Г2-В	—	—	12,5	60	1700	—
Г2-П	—	—	12,5	63	1700	—
Г285	12,5	1500	12,5	80	3500	—

§ 2. Генераторы переменного тока со встроенными кремниевыми выпрямителями

Генератор Г250 применяют для массовых грузовых и легковых автомобилей. Модели генератора отличаются размерами приводных шкивов. Остальные детали и узлы полностью унифицированы.

Генератор (рис. 41) состоит из статора *1*, трехфазной обмотки *2* статора, ротора *3* с обмоткой возбуждения *4* и контактными кольцами *11*, крышки *7* со стороны контактных колец, крышки *16* со стороны привода и шкива *18* с вентилятором *17*.

Пластины, из которых набран пакет статора, соединены сваркой в шести местах по наружной поверхности пакета (по-

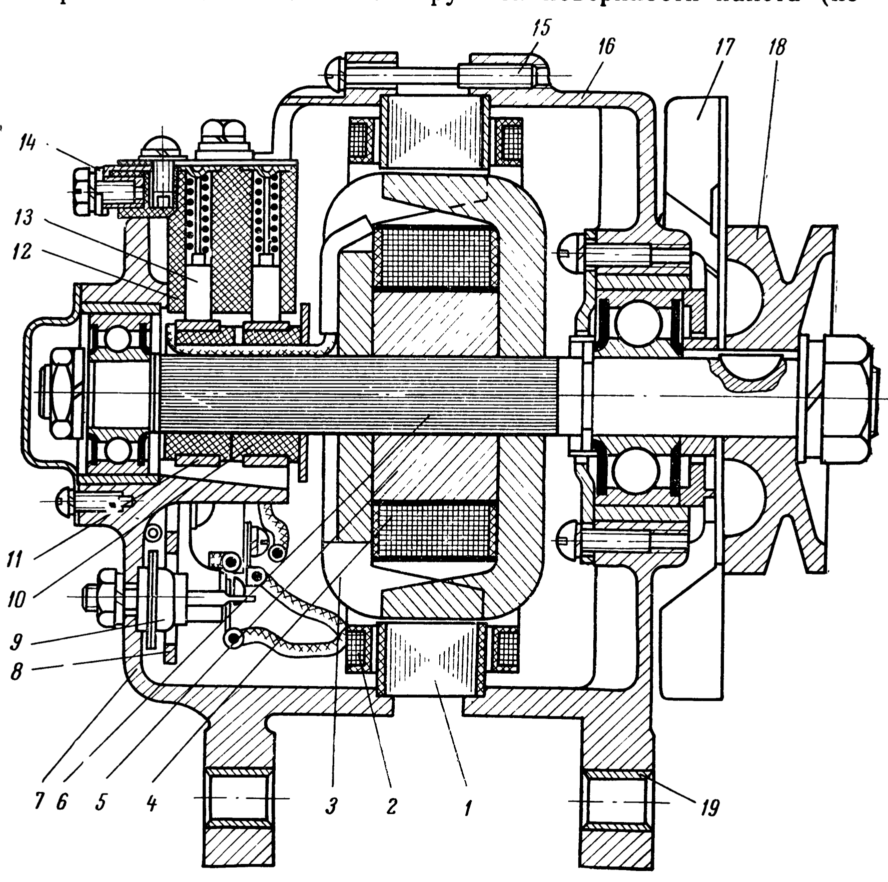


Рис. 41. Генератор Г250:

1 — статор; *2* — трехфазная обмотка статора; *3* — ротор; *4* — обмотка возбуждения; *5* — втулка; *6* — вал; *7* — крышка со стороны контактных колец; *8* — панель-охладитель (теплоотвод); *9* — вентиль кремниевый Д242-АП (отрицательной полярности); *10* — изоляция контактных колец; *11* — контактное кольцо; *12* — щеткодержатель; *13* — щетка; *14*—вывод *Ш*; *15*—стяжной болт; *16*— крышка со стороны привода; *17* — вентилятор; *18* — шкив; *19* — стальная втулка

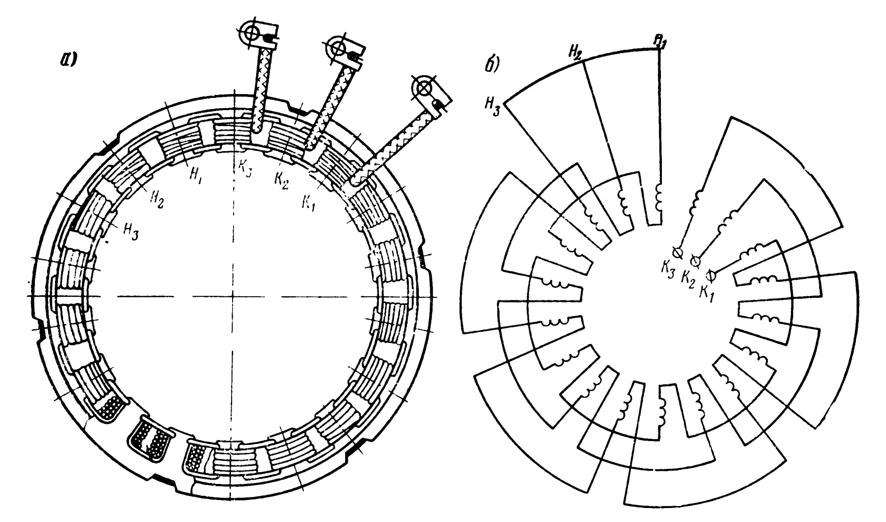


Рис. 42. Общий вид статора с трехфазной обмоткой *(а)* **и схема обмотки статора** *(б)* **генератора Г250**

казано черным на рис. 42, *а*). Трехфазная обмотка статора, схема которой изображена на рис. 42, *б*, выполнена в виде отдельных катушек, соединенных последовательно по шесть штук в каждой фазе. Фазные обмотки статора соединены звездой и выходные зажимы фаз соединены с выпрямительным устройством по схеме А. Н. Ларионова.

Подобным же образом соединены обмотки у генераторов всех типов, за исключением Г2-Б; у последнего шесть катушек в каждой фазе соединены не последовательно, а параллельно. Обмоточные данные генератора Г250 и генераторов других типов указаны в табл. 8.

Вращающаяся часть генератора — ротор (см. рис. 41) состоит из вала *6* и напрессованных на вал втулки *5* с обмоткой

Таблица 8

Обмоточные данные генераторов

Тип генератора	Число пазов	Число витков в катушке	Диаметр провода катушки, *мм*	Число витков обмотки возбуждения	Диаметр провода обмотки возбуждения, *мм*	Сопротивление обмотки возбуждения, *ом*
Г250	18	13	1,35	490	0,74	3,7
Г221	36	10	1,2	485	0,65	4,5
Г270	18	16	1,25	1280	0,47	24,4
Г280	18	8	2,1	550	0,86	3,6
Г501	18	12	1,08	620	0,55	7,2
Г253	18	8	1,56	700	0,64	7
Г285	18	5	2,1	490	0,8	3,2

возбуждения *4*, двух полюсов (клювов) и контактных колец *11*, служащих для подвода постоянного тока во вращающуюся обмотку возбуждения. Обмотка возбуждения *4* намотана непосредственно на втулку *5* и изолирована с торцов картонными шайбами. Концы обмотки возбуждения припаяны к контактным концам.

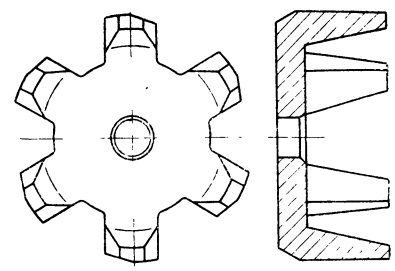


Рис. 43. Полюса (клювы) ротора

На рис. 43 изображена одна из двух полюсных систем (клювов) ротора. Для снижения магнитного шума часть наружной поверхности полюсов ротора имеет скосы на сбегающем крае.

Ротор в сборе динамически балансируют в двух плоскостях. Величина допустимой динамической неуравновешенности — 4 *гсм* в каждой плоскости.

Статор и ротор генераторов всех типов пропитывают в сборе лаком ГФ95 для повышения электрической прочности картонной изоляции, а также повышения теплопроводности и цементирования витков катушек.

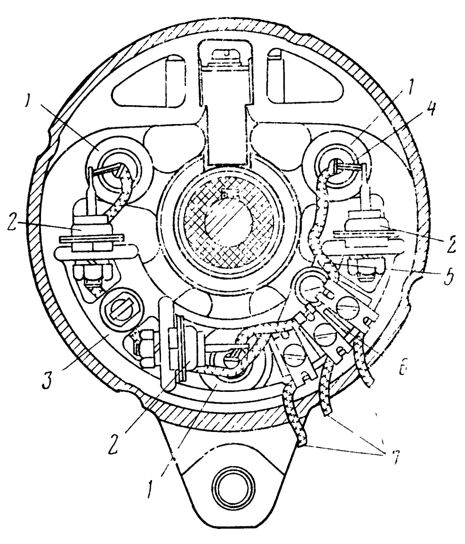


Рис. 44. Крышка со стороны контактных колец в сборе с кремниевым выпрямителем (вид изнутри)

На крышке со стороны контактных колец (рис. 44), закреплены: соединительная панель *6*, к которой подключают выводы *7* фазных обмоток статора и выводы *5* от перемычек *4*, соединяющих вентили, и панель-охладитель (теплоотвод) *3* с вмонтированными на ней тремя вентилями *2* типа Д242-А (положительной полярности). Панель-охладитель (теплоотвод) — *3* изолирована от крышки и является токопроводом положительной полярности.

Три вентиля *1* типа Д242-АП (отрицательной полярности) монтируют на самой крышке, и, следовательно, их корпуса имеют электрический контакт с корпусом генератора, являющимся минусовым полюсом.

Щетки применяют марки М1. Они имеют размеры 6×6,5×15 *мм* и помещаются в щеткодержателе *12* (см. рис. 41), укрепленном на крышке и представляющем собой пластмассо-

вую деталь с прямоугольными отверстиями для щеток. На щетку *13* надевают пружину, после чего ее канатик припаивают к выводной пластине. Выводную пластину одной щетки присоединяют к изолированному выводу *Ш;* выводная пластина другой щетки электрически соединяется с крышкой, т. е. корпусом генератора.

Переходное сопротивление между телом щетки и канатиком должно быть не более 5 *мом,* вырывное усилие канатика из щетки не менее 2 *кГ*. Сила давления на щетки установлена в пределах 180÷260 *г* для всех типов генераторов. Для предохранения контактных колец и щеток от прямого попадания на них пыли, влаги, грязи на внутренней части крышки имеется прилив.

Обе крышки отлиты из алюминиевого сплава; для крепления генератора на двигателе крышки имеют ушки с отверстиями, причем у крышки со стороны привода имеется два ушка. Второе ушко с резьбовым отверстием служит для крепления натяжной планки. Кроме этого, в крышке сделаны еще два резьбовых отверстия для съема крышки с вала ротора при разборке генератора. Типы шарикоподшипников, применяемых в генераторе Г250 и генераторах других типов, указаны в табл. 9.

Таблица 9

Шариковые подшипники генераторов

Тип генератора	Тип подшипника	
	со стороны контактных колец	со стороны привода
Г250, Г270	180502К	180603
Г221	В180201У (И746)	В180302У (И760)
Г290, Г290-Б, Г256, Г263	П206	П305
Г501	180503	180503
Г253	60202	20803К
Г2-Б	305	305
Г285	180502К	180603

Генератор типа Г250 с отдельными вентилями типов Д242-А и 242-АП был заменен генератором Г250-А1 с выпрямительным блоком ВБГ-1.

Вентили Д242-А и Д242-АП являются вентилями общего назначения. Монтаж этих вентилей проводится при помощи резьбовых соединений, что ухудшает электрический и тепловой контакт между вентилем и охладителем. Кроме того, монтаж шести отдельных вентилей с их соединительными проводами требует больше места, усложняет сборку и снижает надежность генератора. Поэтому для автомобильных генераторов был спроектирован выпрямительный блок ВБГ-1, содержащий шесть вен-

тилей специального исполнения, запрессованных в ребристый охладитель.

Выпрямительный блок ВБГ-1 устанавливают в крышке со стороны контактных колец, как показано на рис. 45. Выводы фаз генератора присоединяются к клеммам *1* блока. Через плюсовую шину *2* проходит болт *4*, который является плюсовой клеммой генератора и одновременно служит для крепления блока ВБГ-1 к крышке; болт *4* изолирован от крышки пластмассовой втулкой. Винт *5* соединяет минусовую шину *3* с крышкой и одновременно крепит блок.

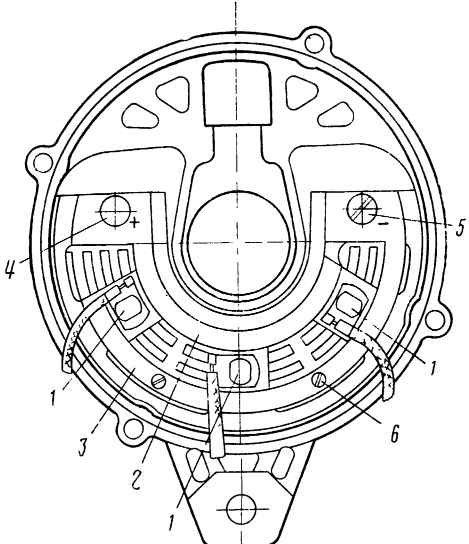


Рис. 45. Крышка со стороны контактных колец с выпрямительным блоком ВБГ-1 (вид изнутри)

Для повышения вибропрочности в конструкции блока ВБГ-1 введены дополнительно две точки крепления винтами *6*. Применение выпрямительного блока ВБГ-1 снизило трудоемкость сборки выпрямителя в генераторе, повысило качество и надежность выпрямительного устройства.

Генератор Г270-А. Применяют для грузовых автомобилей с дизельными двигателями. Генератор спроектирован на базе генератора Г250 А1, но отличается от него обмоточными данными (см. табл. 8) и увеличенной на 15 *мм* длиной статора.

Клювообразные полюса изготовлены из стального литья. Ротор балансируют динамически в двух плоскостях. Допустимая остаточная неуравновешенность в каждой плоскости 4 *гсм.*

Генератор Г221. По конструкции генератор Г221 отличен от генератора Г250, хотя имеет примерно одинаковые с ним характеристики. Генератор Г221 (рис. 46) имеет пакет статора *1*, набранный из пластин толщиной 1 *мм*, соединенных при помощи сварки.

Трехфазная обмотка *2* статора расположена в пазах полузакрытой формы. Обмотка — распределенная, двухслойная, с числом пазов на полюс и фазу $q=1$; фазовые обмотки соединены в звезду с нулевым выводом. Схема соединения с выпрямителем — трехфазная, мостовая, с выводом «нулевой» точки (рис. 47).

Наконечник нулевого провода вставляют в штеккерное соединение *13* (см. рис. 46), расположенное на крышке. Цифры 67 и 30 (см. рис. 47) указаны на крышке и являются условными

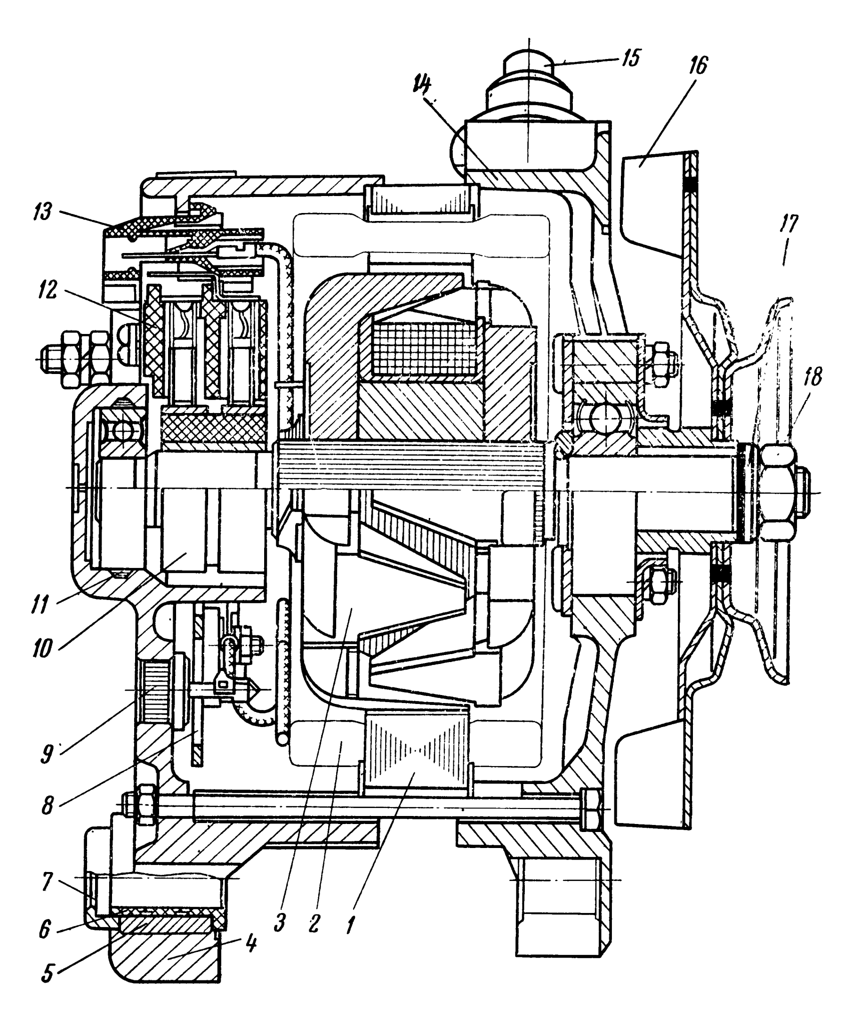


Рис. 46. Генератор Г221

обозначениями соответственно: вывода обмотки возбуждения и клеммы «+» выпрямителя.

Ротор генератора *3* (см. рис. 46) состоит из вала, на который напрессованы втулка с обмоткой возбуждения, полюса (клювы) и контактные кольца.

Обмотка возбуждения намотана на пластмассовый каркас; концы обмотки выведены в отверстия, проделанные в чашке полюсов и изолированные пластмассовыми втулками. Концы обмотки возбуждения соединяют с проводниками, идущими от контактных колец *10* на пластмассовой колодке, напрессованной на вал и плотно прилегающей к чашке полюсов.

На крышке со стороны контактных колец, выполненной из алюминиевого сплава, расположены щеточное и выпрямительное устройства, выводы 30 (+) и 67 (*Ш*) и нулевой вывод.

Посадочное место под шариковый подшипник в крышке со стороны контактных колец не армируют. На посадочном месте имеется канавка, в которой помещено резиновое кольцо *11*, поджимающее шариковый подшипник.

Рис. 47. Электрическая схема соединений генератора Г221: цифры 67 и 30 — маркированные выводы

В качестве выпрямителей применены кремниевые автомобильные вентили типа ВА20. Вентили *9* запрессовывают: три вентиля положительной полярности — в отверстия охладителя *8*, а три вентиля отрицательной полярности — в крышку генератора *4*.

К крышке крепят щеткодержатель *12*, изображенный отдельно на рис. 48 с «массовой» и «изолированной» щетками. Вывод «изолированной» щетки выполнен в виде наконечника штеккерного соединения.

На крышке находится табличка, предупреждающая о том, что генератор переменного тока не должен работать, если клемма 30 разъединена со своими проводами.

В отверстии ушка крышки расположена резиновая буферная втулка *5* (см. рис. 46), армированная стальной втулкой *6*. С наружной стороны отверстия в резиновую втулку упирается поджимная втулка *7*. Такое устройство позволяет выбирать осевой зазор между кронштейнами двигателя и ушками крышки генератора при затяжке гайки крепежного болта.

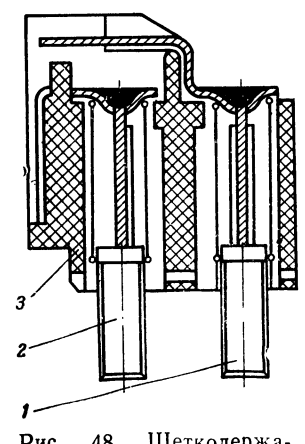


Рис. 48. Щеткодержатель генератора Г221:
1 — изолированная щетка; *2* — «массовая» щетка; *3* — корпус щеткодержателя

В крышке *14* со стороны привода, также выполненного из алюминиевого сплава, расположен стальной болт *15*, который служит для крепления натяжной планки при установке генератора на двигателе. Шариковый подшипник со стороны привода закреплен в крышке двумя опорными шайбами и четырьмя болтами, концы которых после затяжки гаек раскернивают.

Шкив *16* изготовлен из листовой стали заодно с вентилятором. Шкив крепят на валу при помощи шпонки, конической шайбы *17* и гайки *18*.

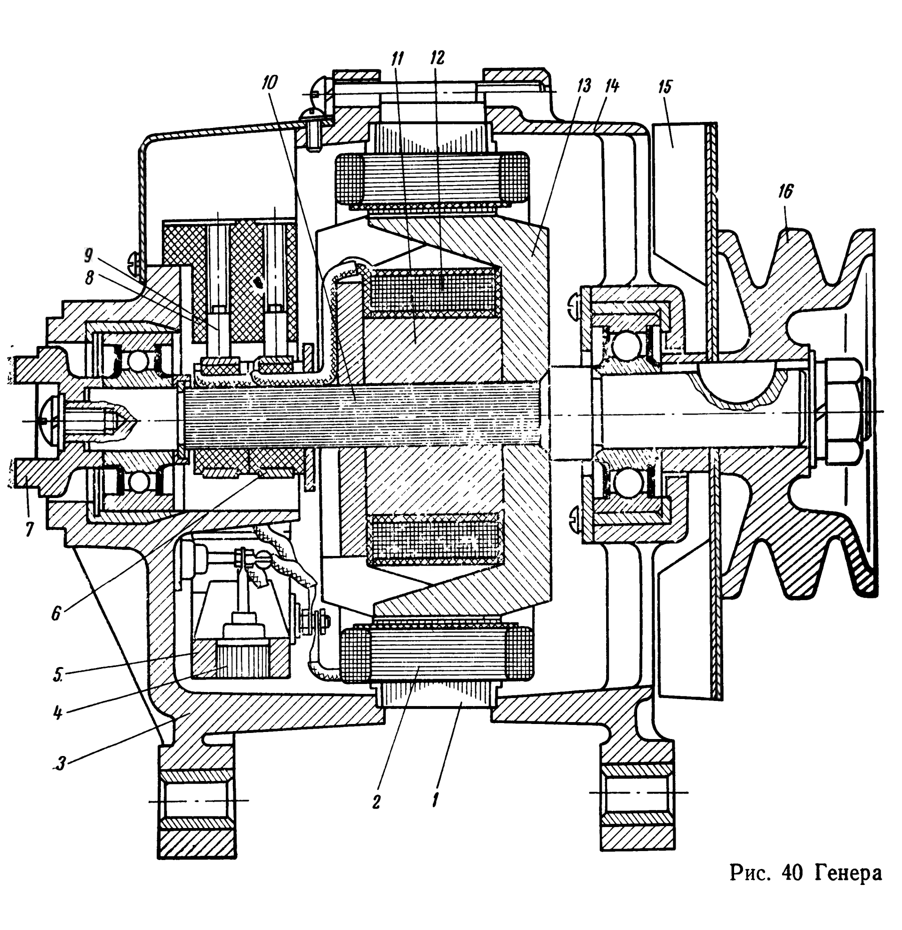
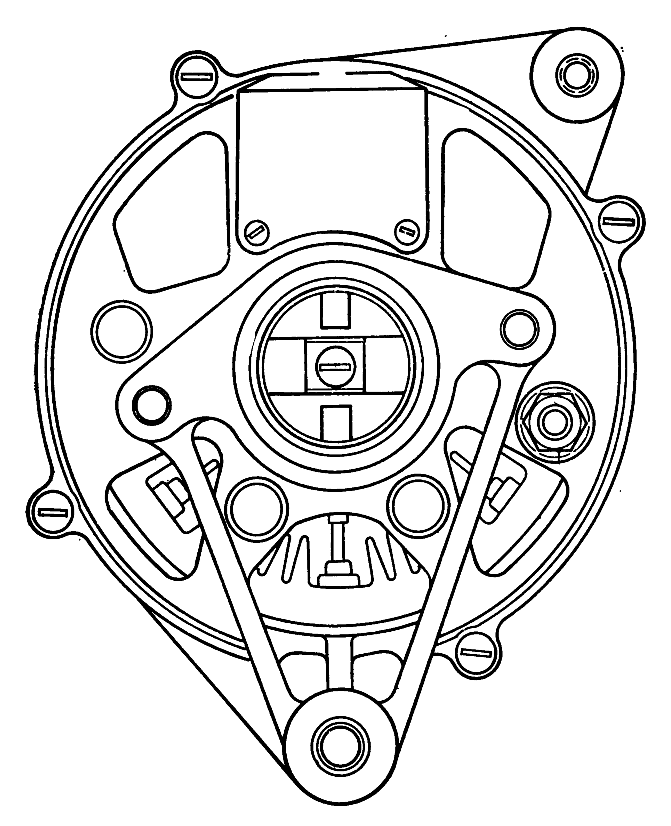


Рис. 40 Генера

Генератор Г280. Генератор имеет два конструктивных исполнения: с приводом для гидроусилителя рулевого управления и обычное.

Генератор с приводом для гидроусилителя рулевого управления (рис. 49) состоит из статора *1* с трехфазной обмоткой *2*, ротора (состоящего из втулки *11* с обмоткой возбуждения *12* и клювообразных полюсов *13*, напрессованных на вал *10*), крышки *3* со стороны контактных колец, охладителя (теплоотвода) *5* с изолированными вентилями *4*, щеткодержателя *8* со щетками *9*, крышки со стороны привода *14*, вентилятора *15* и шкива *16*.

Пластины статора соединены при помощи сварки по наружной поверхности пакета. Обе крышки *3* и *14* отлиты из алюминиевого сплава. Внутри крышки со стороны контактных колец размещены шесть вентилей типа ВКД4-25, охладитель (теплоотвод) и соединительная панель.



тор Г280

Привод гидроусилителя рулевого управления осуществляется через муфту *7*, которая при помощи болта закреплена на торце вала и сцепляется с фланцем муфты гидроусилителя рулевого управления. Крышка *3* со стороны контактных колец *6* имеет прилив с двумя отверстиями для крепления гидроусилителя рулевого управления.

Генератор обычного исполнения отличается от генератора, изображенного на рис. 49, лишь формой крышки со стороны контактных колец и формой конца вала.

Генератор Г290. Для автомобилей с увеличенной мощностью потребителей электрической энергии применяют генератор Г290. Генератор Г290 имеет встроенные кремниевые выпрямители типа ВК2-50-1А и является базовым типом семейства мощных генераторов переменного тока.

Генератор Г290 (рис. 50) состоит из статора *2* с обмоткой *1* статора, ротора *3*, крышки со стороны контактных колец *7*,

экрана *12,* защитной ленты *11,* крышки со стороны привода *24,* вентилятора *26* и шкива *27.*

Пакет пластин статора соединен заклепками. Внутренняя часть статора имеет 72 паза, равномерно расположенных по окружности. В пазах статора размещена трехфазная обмотка. Число пазов на полюс и фазу $q=2$. Каждая фаза состоит из 24 секций. Секция имеет один виток прямоугольного провода ПЭВН 1,95×4,4 *мм.*

Обмотка статора соединена звездой; начала фаз соединены вместе и образуют нулевую точку; концы фаз выведены к охладителям (теплоотводам) выпрямителей. На рис. 51 дана схема обмотки статора.

Ротор *3* генератора (рис. 50) состоит из вала *6,* на котором смонтирована втулка *5* с обмоткой возбуждения *4*, полюса (клювы) и контактные кольца *15.* Клювообразные полюса закреплены на валу при помощи гайки *23,* законтренной лепестковой шайбой. После затягивания гайки лепесток шайбы отгибают на грань гайки и тем самым предохраняют ее от самоотвертывания.

Выводы *16* обмотки возбуждения закреплены на валу деревянным клином *21,* а концы выводов припаяны к контактным кольцам *15.* Втулка *5* с обмоткой возбуждения *4* и клювообразные полюса зафиксированы на валу при помощи призматических шпонок.

Обмотка возбуждения намотана проводом ПЭВ-2 ∅ 0,8 *мм* и имеет 710 витков. Сопротивление обмотки возбуждения равно 7 *ом.* Ротор динамически балансируют; допустимая остаточная неуравновешенность — 40 *Гсм.*

Обе крышки *7* и *24* отлиты из алюминиевого сплава и снабжены вентиляционными отверстиями и ушками для крепления генератора на двигателе. Отверстия в ушках армированы, запрессоваными в них стальными втулками *8.*

В обоих крышках посадочные места под шариковые подшипники также армированы запрессованными в них стальными втулками. Шариковые подшипники с обеих сторон закрыты фетровыми сальниками, которые скользят по упорным втулкам *13, 22* и *25.* Подшипники и втулки закреплены: в крышке со стороны колец — гайкой *14,* в крышке со стороны привода гайкой, крепящей одновременно шкив и вентилятор.

На торце крышки *7* со стороны контактных колец на специальных пластинах-охладителях, изолированных от корпуса генератора, укреплены силовые кремниевые вентили типа ВК2-50-1А. Вентили закрепляют следующим образом. На плоскость крышки укладывают изоляционную миканитовую прокладку, а на нее ставят пластину охладителя (теплоотвода). Вентиль *9* вставляют в отверстие крышки до упора в пластину охладителя. С внутренней стороны крышки, между телом крышки и вентилем, располагают изоляционную пластмассовую втул-

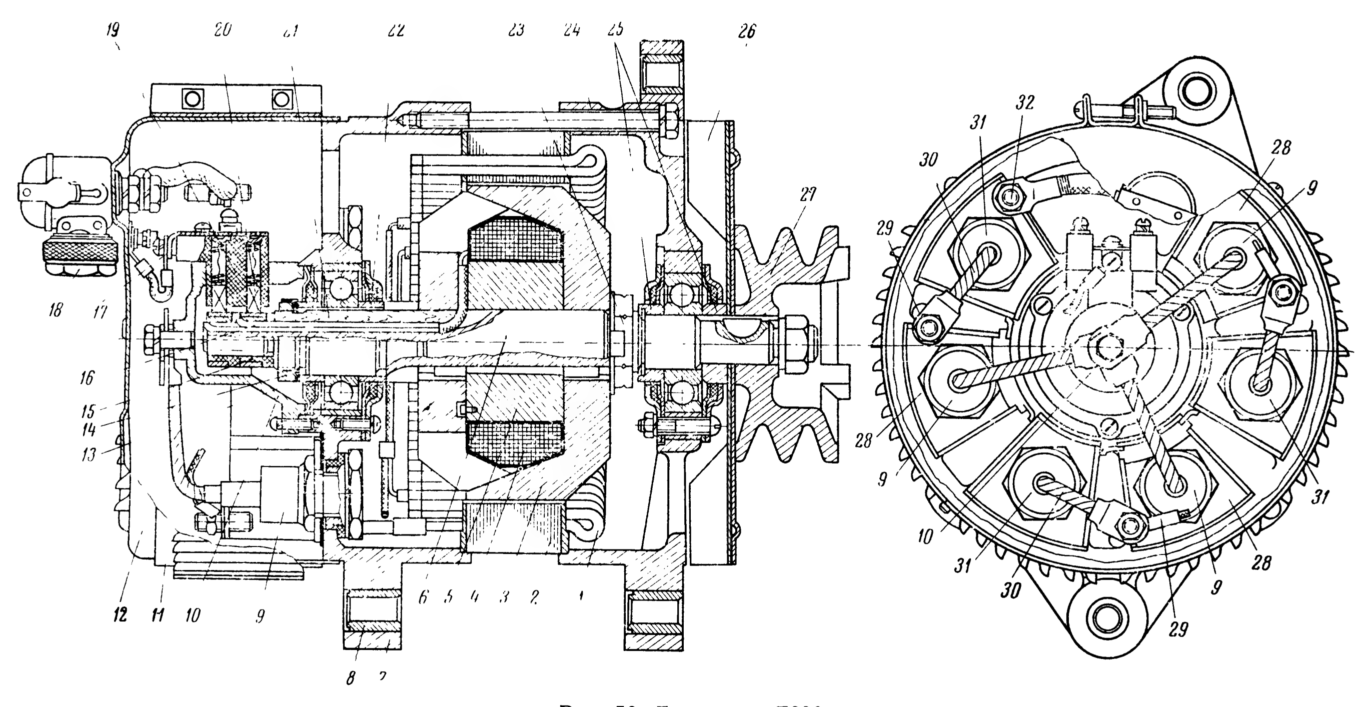


Рис. 50. Генератор Г290

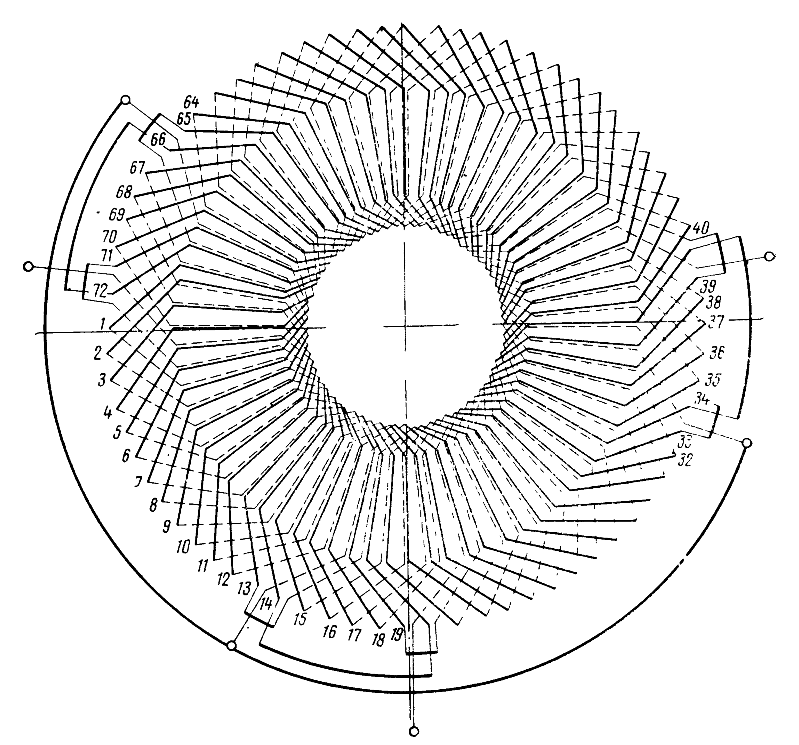


Рис. 51. Развернутая схема обмотки статора генератора Г290

ку, вентиль закрепляют гайкой, предохраненной от самоотвертывания подложенной под гайку пружинной шайбой. Таким образом корпус вентиля имеет электрический контакт с пластиной охладителя, а последняя в свою очередь изолирована от корпуса генератора.

Расположение и соединение вентилей друг с другом и с обмоткой статора легко проследить на второй проекции (рис. 50, справа), представляющей собой вид на крышку со стороны контактных колец при снятом экране *12*.

Три вентиля *9* присоединяют отрицательными выводами к основанию *10* щеткодержателя (т. е. к корпусу генератора) под один общий болт, образующий минусовый полюс схемы выпрямления. Эти вентили смонтированы каждый в отдельной пластине-охладителе *28*, изолированной от корпуса генератора и имеющей контактный болт для присоединения выводов фазных обмоток *29* генератора и отрицательных выводов *30* трех остальных вентилей.

Корпусы этих остальных трех вентилей *31* закреплены в общей трехлопастной пластине-охладителе, также изолированной от корпуса генератора и образующей положительный полюс схе-

мы выпрямления. Плюсовый вывод генератора соединен с контактным болтом *32* этого общего охладителя.

Щеточное устройство состоит из основания щеткодержателя *10,* щеткодержателей *19* и щеток *20.* Основание шеткодержателя отлито из цинкового сплава ЦАМИ-1 и закреплено на крышке генератора тремя винтами. Щеткодержатель и щетки аналогичны по конструкции со щеткодержателями и щетками генератора Г250.

Экран представляет собой металлический кожух, закрывающий выпрямительное устройство, расположенное на крышке со стороны контактных колец. На экране смонтированы: экранированный вывод «+» типа ЭВ-100 и три экранированных штепсельных разъема типа ШР-25.

При помощи штепсельных разъемов ШР-25, замаркированных буквами $Л_1$ и $Л_2$, выводится переменный ток от двух фаз статора для питания реле-блокировки; третий штепсельный разъем, замаркированный буквой *Ш,* является выводом *17* обмотки возбуждения.

Экранированный вывод ЭВ-100 поз. *18* предназначен для присоединения экранированного провода к плюсовой клемме генератора. Экранированный провод *5* (рис. 52) вставляют в отверстие корпуса *7* таким образом, чтобы жила провода, освобожденная от изоляции, была расположена в скобе *10.* Изоляция *4* провода должна быть ровно обрезана и не доходить до скобы на 2—3 *мм.* Оголенный конец провода зажимают скобой *10* и закрепляют гайкой *9.* Экранированную оплетку *2* провода закладывают между конусными втулками *1* и *3* и гайкой *6* плотно прижимают к корпусу *7.* Крышка *8* экрнированного

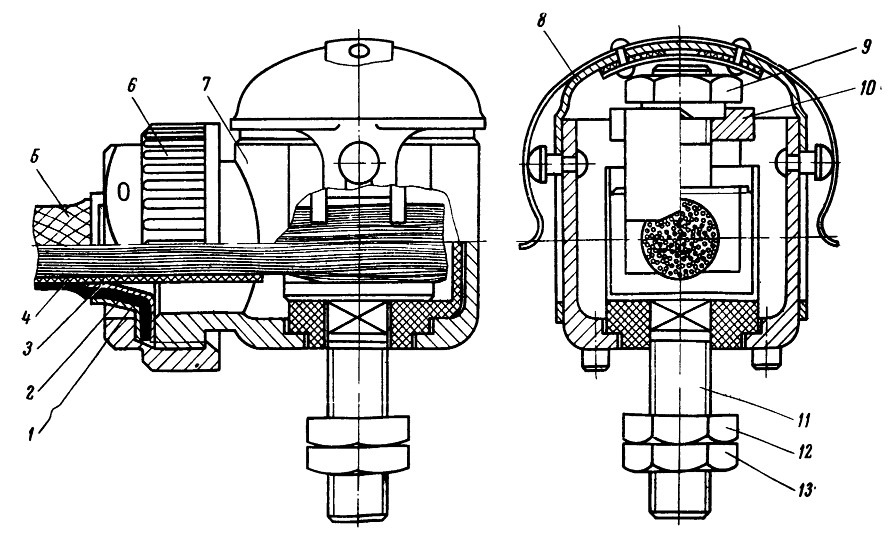


Рис. 52. Экранированный вывод ЭВ-100

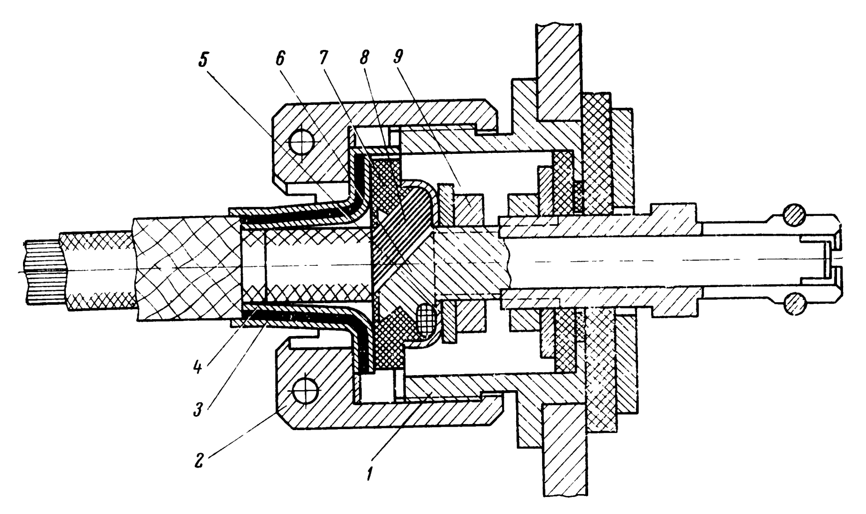


Рис. 53. Экранированный штепсельный разъем ШР-25

вывода легко поворачивается при монтаже, открывая доступ к гайке *9*.

Экранированный вывод ЭВ-100 крепят к экрану генератора за выводной болт *11* изолированный от корпуса *7* пластмассовой деталью, гайкой *12*, под которую подкладывают изоляционную шайбу. При этом положение вывода относительно экрана фиксируют двумя шпильками. Плюсовый провод, идущий от контактного болта *32* (см. рис. 50) выпрямителя, подводят внутри генератора к выводному болту *11* (см. рис. 52) и зажимают гайкой *13*.

Штепсельный разъем ШР-25 (рис. 53) представляет собой устройство для закрепления экранированных проводов, идущих к клеммам *Ш*, $Л_1$ и $Л_2$. Оголенную часть *8* жилы экранированного провода вставляют в отверстие вилки *7*, обматывают вокруг стального стержня *6*, закрепляют фасонной шайбой *5* и зажимают гайкой *9*. Экранированную оплетку провода закладывают между двумя коническими втулками *3* и *4*, которые закрепляются на корпусе *1* разъема гайкой *2*. Стержень к которому присоединена оголенная часть провода, изолирован от корпуса пластмассовой изоляцией, а также изоляционными шайбами.

В экране генератора штепсельный разъем крепят развальцовкой. Провода, подводимые к клеммам *Ш*, $Л_1$ и $Л_2$ генератора, присоединяют к штепселям при помощи винтов. В экране и защитной ленте имеются жалюзи для проточной вентиляции генератора.

Крышка со стороны привода отлита из алюминиевого сплава, снабжена вентиляционными отверстиями и двумя ушками,

одно из которых служит для закрепления генератора на кронштейне двигателя, а другое — для натяжной планки ремня.

Генератор Г290-Б является модификацией генератора Г290 и отличается от последнего только тем, что его привод осуществляется не при помощи шкива, а при помощи фланца, сцепляющегося с карданным валом, соединяющим вал генератора с приводом валика двигателя.

Ранее выпускавшиеся генераторы Р261 и Г261-Б заменены генераторами Г290 и Г290-Б. Генераторы Г261 и Г261-Б отличались от генераторов Г290 и Г290-Б конструкцией вентилятора, а также типом и монтажом диодов. По присоединительным размерам и основным узлам генераторы Г290 и Г261 взаимозаменяемы.

Генератор Г263. Для тяжелых грузовых автомобилей применяют генератор Г263 напряжением 24 *в* и мощностью 3500 *вт.* В отличие от генератора Г290 в генераторе Г263 отсутствуют ушки на крышках, а крепление генератора на двигателе производится хомутами на цилиндрической постели. Привод этого генератора осуществляется через эластичную муфту.

§ 3. Генераторы переменного тока, работающие с селеновыми выпрямителями

Генератор Г256. Генератор Г256 напряжением 12 *в,* мощностью 1200 *вт* является модификацией генератора Г290. Генератор работает в комплекте с селеновым выпрямителем РС320 и реле-регулятором РР103-Б. Генератор Г256 отличается от генератора Г290 тем, что не имеет встроенного выпрямительного устройства и экрана.

На рис. 54 показана крышка со стороны контактных колец генератора Г256.

Обмотка ротора генератора Г256 рассчитана на 12 *в* и состоит из 485 витков провода ПЭЛ ∅0,93 *мм.* Сопротивление обмотки возбуждения — 3,5 *ом.*

Генератор Г501. Для автомобиля ЗАЗ-955 «Запорожец» применяют генератор Г501. Генератор работает в комплекте с селеновым выпрямителем В310, реле-регулятором РР310 и реле блокировки РБ1 параллельно с аккумуляторной батареей 6-СТ-42.

Двигатель автомобиля ЗАЗ-955 «Запорожец» имеет воздушное охлаждение и генератор устанавливают в направляющем аппарате вентиляционного устройства двигателя. На валу генератора крепится рабочее колесо вентилятора системы охлаждения двигателя со шкивом.

Генератор (рис. 55) состоит из статора *1,* обмотки статора *2,* ротора *3,* обмотки возбуждения *4,* крышки *7* со стороны контактных колец, щеткодержателя *14,* крышки со стороны привода *16.* Пакет пластин статора обжимают и сваривают. Концы

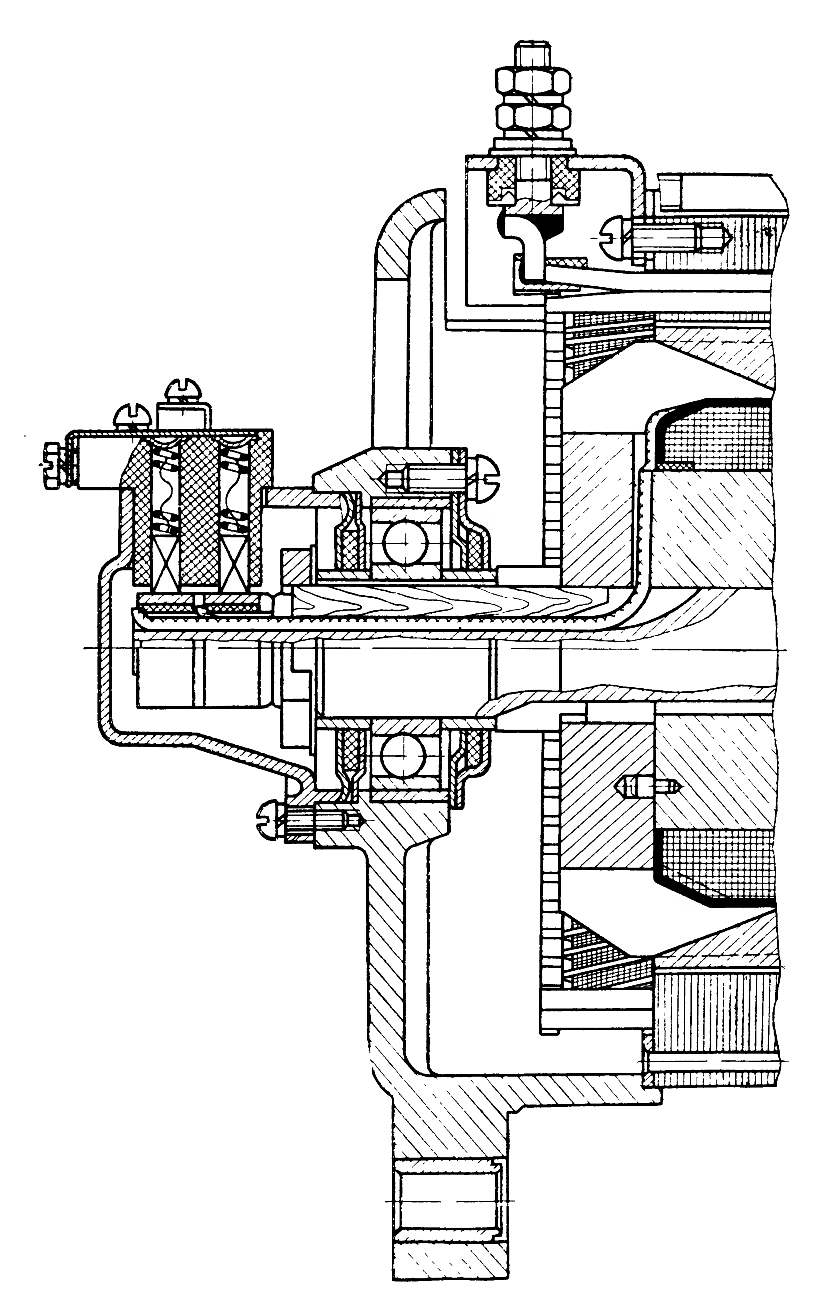


Рис. 54. Крышка со стороны контактных колец генератора Г256

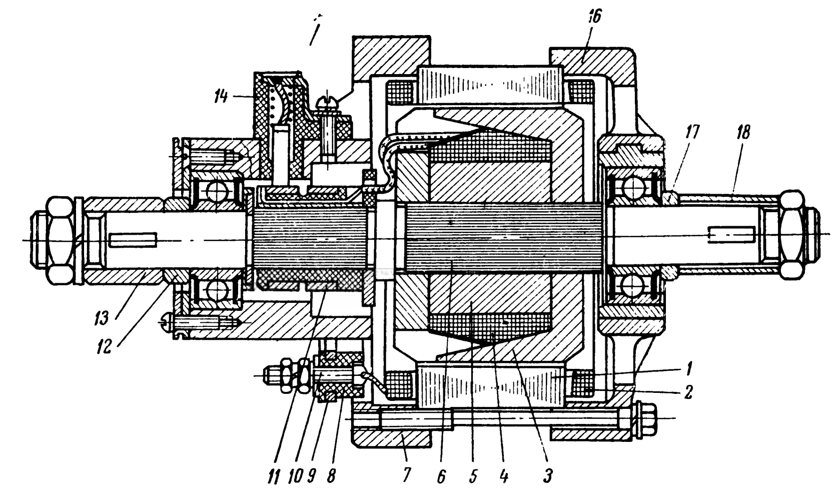


Рис. 55. Генератор Г501:

1 — статор; *2* — трехфазная обмотка статора; *3* — ротор; *4* — обмотка возбуждения; *5* — втулка ротора; *6* — вал; *7* — крышка со стороны контактных колец; *8* — изоляционный сектор; *9* — пластина; *10* — выводной болт; *11* — контактные кольца; *12* — втулка; *13* — транспортировочная втулка; *14* — щеткодержатель; *15* — щетки; *16* — крышка со стороны привода; *17* — втулка; *18* — транспортировочная втулка

фаз обмотки статора присоединяют к выводным болтам *10* и образуется сектор выводов *8*, который монтируют на пластину *9* и крепят на крышке со стороны контактных колец.

Ротор генератора состоит из вала *6*, на который напрессована стальная втулка *5* с намотанной на нее обмоткой возбуждения *4*. Обмотку возбуждения изолируют от втулки кабельной бумагой. С торцов обмотку защищают фибровыми или картонными шайбами, а по наружному диаметру обмотку бандажируют хлопчатобумажной лентой.

Втулку с обмоткой возбуждения и полюса (клювы) крепят на валу при помощи запрессовки на накатку. Также на накатку вала запрессовывают втулку с контактными кольцами. Концы обмотки возбуждения выводят через фиксирующие отверстия изоляционной шайбы, надетой на вал, и припаивают к контактным кольцам. Вывод обмотки возбуждения, идущий к крайнему контактному кольцу, изолируют от вала фибровым клином, смазанным клеем БФ-4.

Крышку *7* со стороны контактных колец, отливают из чугуна. При помощи этой крышки генератор устанавливают в направляющем аппарате вентиляционного устройства двигателя. В крышке установлен шариковый подшипник закрытого типа 180503 С10, не требующий добавления смазки. На крышке расположены два щеткодержателя *14*, корпусы которых изготовлены из пластмассы. В канале каждого щеткодержателя устанавливают щетку марки М-1 и пружину, поджимающую ее к кон-

тактному кольцу. С контактной пластиной щетки соединяют при помощи гибкого медного канатика.

Крышка *16* со стороны привода отлита из алюминиевого сплава. Поэтому отверстие под шариковый подшипник армировано чугунным кольцом. В обеих крышках имеются отверстия для проточной вентиляции.

Для предохранения свободных концов вала от повреждения при транспортировании на них надевают втулки.

Вместо генератора Г501 начат выпуск генератора Г502-А со встроенным кремниевым выпрямительным блоком ВБГ-2.

Генератор Г253. Для автобусов ПАЗ-652 применяют генератор Г253 (рис. 56), который состоит из статора *1*, обмотки статора *2*, ротора *3*, крышки *7* со стороны контактных колец, крышки *15* со стороны привода, вентилятора *16* и шкива *17*. Пакет пластин статора стянут заклепками.

Концы фаз обмотки статора присоединены к выводным болтам, расположенным на соединительной панели *14*, которая представляет собой стальную скобу и крепится на крышке со стороны контактных колец. Ротор *3* генератора состоит из вала *6*, на который насажена стальная втулка *5* с намотанной на нее обмоткой возбуждения *4*. Клювообразные полюса крепят на

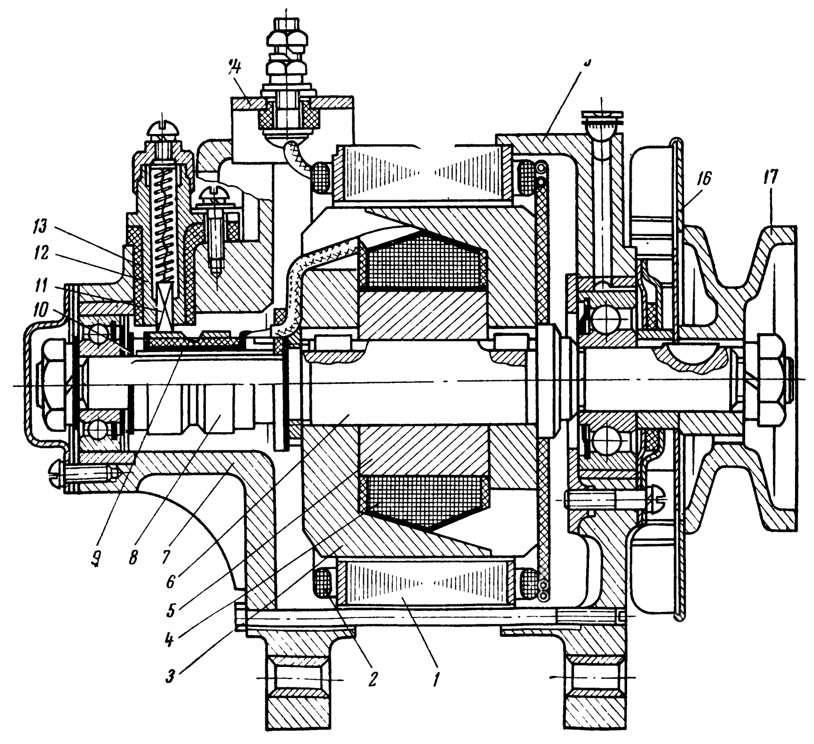


Рис. 56. Генератор Г253

валу при помощи шпонок и фиксируют по отношению к втулке штифтами.

Полюса и втулки опирают на бурт, имеющийся на валу, и затягивают гайкой с противоположной стороны.

Контактные кольца *8* напрессовывают на накатку, сделанную на валу. Концы обмотки возбуждения выводят через фиксирующие отверстия в изолированной шайбе, напрессованной на вал. Один конец обмотки возбуждения припаивают к контактному кольцу, а второй — к медной пластине *9*, припаянной ко второму кольцу. Пластина расположена в специальном пазу в пластмассовом основании контактных колец. Во избежание замасливания контактных колец между ними и шариковым подшипником расположено маслоотражательное кольцо *10*.

На крышке расположены два щеткодержателя. Изолированный щеткодержатель состоит из металлического основания щеткодержателя *12*, изоляции щеткодержателя *13* и колпачковой гайки. Второй щеткодержатель — «массовый» (не показан на рис. 56) не изолирован, и его металлическое основание имеет непосредственный электрический контакт с корпусом генератора.

Щетка *11* в сборе состоит из собственно щетки марки М1 размером 5×6,5×18, медного канатика, заделанного в щетку методом пайки, пружины и колпачка. Посадочное место колпачка под пружину омедняют. На медный канатик щетки надевают пружину, затем канатик пропускают через отверстие в колпачке и запаивают.

Изоляцию щеткодержателей отливают из капрона, основание щеткодержателя и гайку — из цинкового сплава. Колпачок предохраняет канатик щетки от скручивания при навертывании гайки. В гайке имеется резьбовое отверстие под винт крепления наконечника вывода, идущего к клемме *Ш* реле-регулятора.

Генератор Г2-Б. На автобусах ЗИЛ-158 и ЛАЗ-695 устанавливают генератор Г2-Б, являющийся первой моделью генераторов переменного тока, выпускаемых в Советском Союзе. Генератор работает в комплекте с отдельным селеновым выпрямителем типа РС300.

Генератор Г2-Б (рис. 57) состоит из статора *1*, обмотки статора *2*, ротора *3*, крышки *7* со стороны контактных колец, крышки *15* со стороны привода, вентилятора *16* и шкива *17*. Пакет пластин статора скреплен заклепками.

Каждая катушка обмотки статора состоит из 48,5 витков провода ПЭВ-2 ⌀ 0,93 *мм*, изолированных тафтяной лентой в полуперекрышку. Катушки статора соединены в три группы; каждая группа (фаза) содержит шесть катушек, соединенных параллельно. Концы фаз выведены на соединительную панель, укрепленную на крышке со стороны контактных колец. Ротор *3*

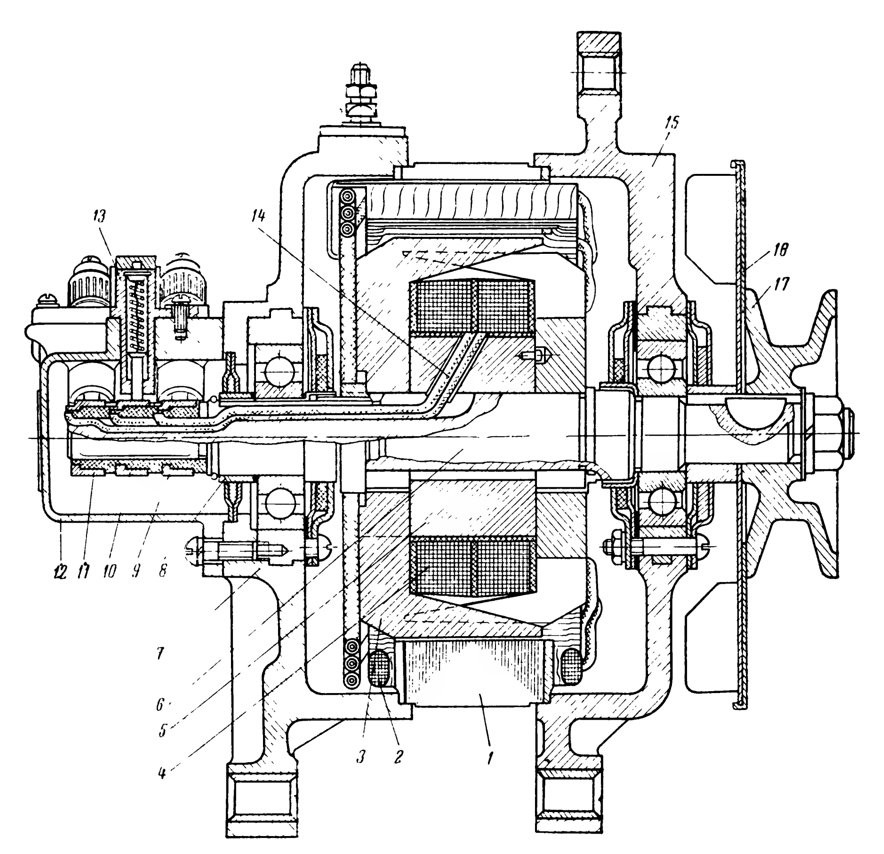


Рис. 57. Генератор Г2-Б

генератора состоит из обмотки *4,* намотанной на втулке *5,* вала *6,* двух полюсов (клювов) и контактных колец *9, 10, 11.*

Обмотка возбуждения намотана плотно виток к витку непосредственно на стальную втулку, являющуюся магнитопроводом, и состоит из двух секций по 545 витков провода ПЭВ-2 ⌀ 0,69 *мм*. Сопротивление каждой секции — 6,5 *ома*.

Начало одной катушки и конец второй соединены вместе и выведены к среднему контактному кольцу *10,* которое соединяется с корпусом через неизолированную щетку; остальные два конца выведены к крайним контактным кольцам *9* и *11,* с которыми соединены изолированные щетки. Для того чтобы предохранить выводы *14* катушек возбуждения от обрыва, их выводят к контактным кольцам через отверстия во втулке и паз вала. Сверху обмотку возбуждения бандажируют в два слоя крепированной бумагой. Конец бумаги приклеивают клеем БФ-2.

На валу полюса со втулкой крепят при помощи шпонок и гайки. Полюса по отношению к втулке фиксируют штифтом.

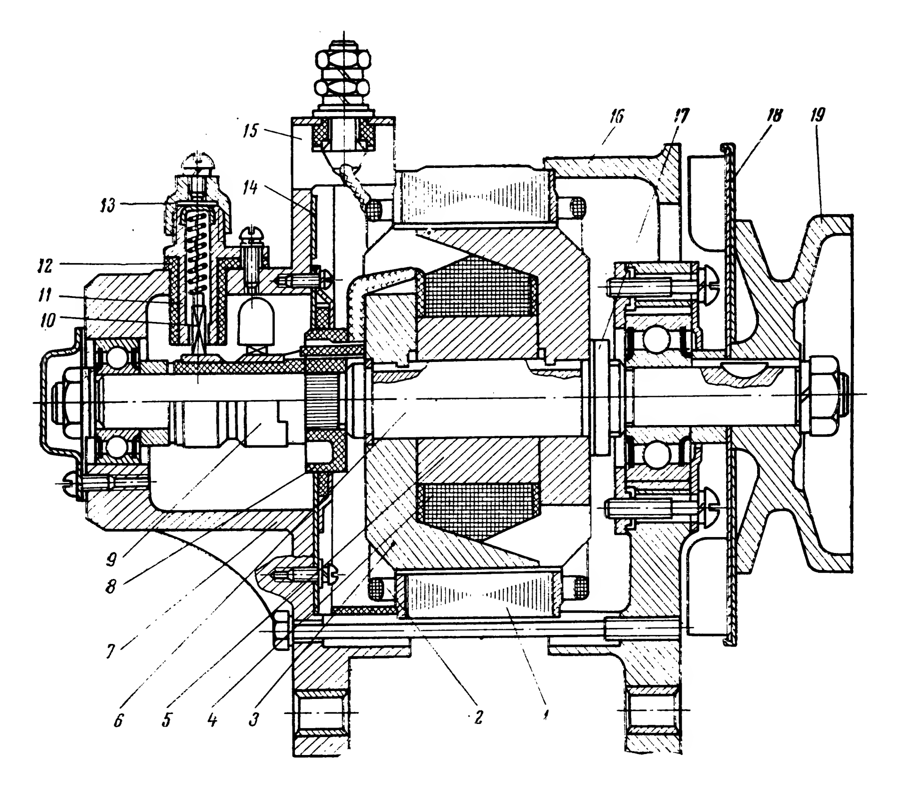


Рис. 58. Генератор Г285

Изоляционная втулка с контактными кольцами запрессована на четыре гребешка, выдавленные на валу.

Шариковые подшипники с обеих сторон имеют сальниковые уплотнения. Для того чтобы закрыть пазы вала в тех местах, где по нему скользят сальники, на вал надеты стальные втулки *8*. Крайняя втулка (со стороны контактных колец) удерживается на валу пружинным кольцом.

К крышке крепится основание *12* щеткодержателя, в отверстиях которого установлены щеткодержатели *13:* два изолированных и один «массовый». Конструкция щеткодержателей аналогичная таковой у генератора Г253.

Крышка *15* со стороны привода имеет два ушка, одно из которых служит для закрепления генератора на кронштейне двигателя, а другое с резьбовым отверстием — для крепления натяжной планки.

Генератор Г285. На тракторе К-700 применяют генератор Г285, который работает комплектно с селеновым выпрямителем В150 и реле-регулятором РР385.

Генератор Г285 (рис. 58) состоит из статора *1,* обмотки статора *2,* ротора *3*, крышки *7* со стороны контактных колец, крыш-

ки *16* со стороны привода, вентилятора *18,* шкива *19.* Пакет пластин статора использован от генератора Г253. Концы фаз обмотки статора выведены на соединительную панель *15.*

Ротор *3* генератора состоит из обмотки возбуждения *4,* намотанной на втулку *5,* двух половин клювообразных полюсов, вала *6,* кольца *8* и контактных колец *9.* Клювообразные полюса и втулку с обмоткой возбуждения опирают на стопорное кольцо и закрепляют на валу гайкой *17.*

В крышке имеются вентиляционные окна, которые закрыты перфорированными пластинами *14,* для предохранения генератора от попадания во внутрь соломы, почвы, мелких камешков.

Полость щеточно-контактного узла защищена от попадания пыли и грязи сальником, фильц которого скользит по кольцу *8,* напрессованному на вал. Щетки *10* расположены в щеткодержателе *11* с колпачком *13,* отлитым из цинкового сплава; щеткодержатель изолированной щетки изолирован от корпуса пластмассовой втулкой *12.*

Глава IV

РЕГУЛИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

§ 1. Назначение и типы регулирующих устройств

Регулирующие устройства автомобильных генераторов переменного тока выполняют следующие основные функции:

регулирование напряжения генератора в заданных пределах при изменении скорости вращения ротора и тока нагрузки генератора, а также при изменении температуры окружающей среды;

ограничение силы тока генератора при изменении скорости вращения ротора генератора и температуры окружающей среды;

включение и отключение от системы электрооборудования автомобиля главной цепи и обмотки возбуждения или только обмотки возбуждения генератора;

защиты полупроводниковых элементов — транзисторов (в транзисторных регуляторах напряжения) при случайных коротких замыканиях и других аварийных режимах.

Регулировка напряжения осуществляется вибрационными или транзисторными регуляторами напряжения. Вибрационные регуляторы напряжения выполняют одноступенчатыми или двухступенчатыми. Транзисторные регуляторы напряжения делятся на два основных типа: контактно-транзисторные и бесконтактные транзисторные регуляторы напряжения.

Функции ограничения силы тока генератора, а также подключения и отключения генератора от сети или защиты транзисторов, как правило, выполняют электромагнитные реле. Поэтому в зависимости от того, какие из указанных выше функций выполняются, регулирующие устройства называют или **регуляторами напряжения**, когда выполняются только функции регулирования напряжения посредством контактных или бесконтактных элементов, или **реле-регуляторами**, когда выполняется, кроме функции регулирования напряжения, также одна или обе из двух выше указанных функций включения и отключения или защиты посредством электромагнитных реле.

В табл. 10 приведены основные конструктивные типы регулирующих устройств для генераторов переменного тока и их функциональная структура.

§ 2. Вибрационные реле-регуляторы

Реле-регулятор РР310 (рис. 59 и 60) предназначен для работы с автомобильным генератором переменного тока Г501, работающим в комплекте с селеновым выпрямителем В310 и реле блокировки РБ-1. Генератор Г501 выполнен на напряжение 12 *в,* силу тока 20 *а* и предназначен для работы по однопроводной схеме с присоединением минуса на массу в системе электрооборудования автомобилей «Запорожец». Реле-регулятор имеет электромагнитное реле включения и одноступенчатый вибрационный регулятор напряжения.

Регулятор напряжения *РН* состоит из *П*-образного ярма, цилиндрического сердечника, на котором расположена шунтовая *ШО* и выравнивающая *ВО* обмотки, якорька с нормально замк-

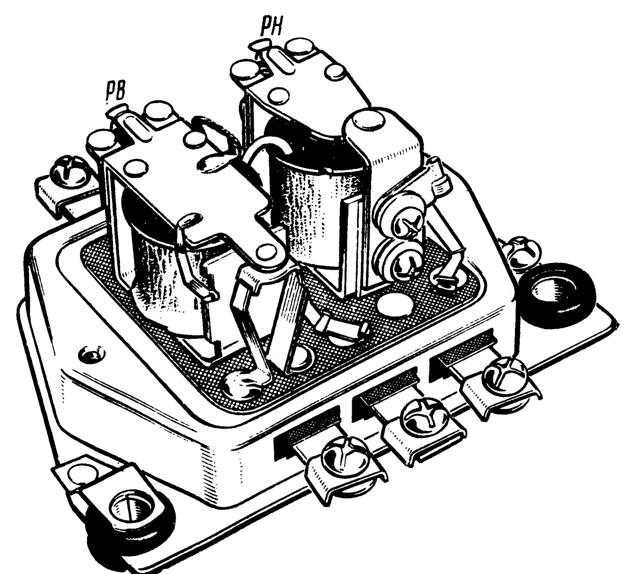


Рис. 59. Общий вид реле-регулятора РР310 со снятой крышкой: *РН* — регулятор напряжения; *РВ*— реле включения

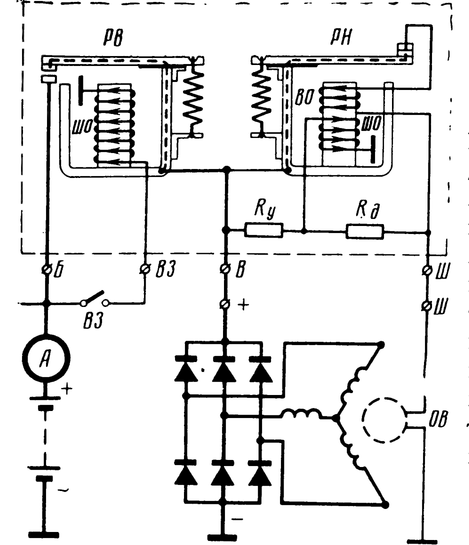


Рис. 60. Электрическая схема соединений реле-регулятора РР310: *Б, ВЗ, В* и *Ш* — обозначения выводных клемм реле-регулятора; *РВ* — реле включения; *РН* — регулятор напряжения; *ШО* — шунтовые обмотки реле и регулятора напряжения; *ВО* — выравнивающая обмотка регулятора напряжения; $R_д$ — добавочное сопротивление; $R_у$ — ускоряющее сопротивление; *ОВ* — обмотка возбуждения генератора

нутыми вольфрамовыми контактами и пружины якорька. Якорек подвешен к ярму на упругой пластинке — серьге, которая одним концом прикреплена к якорьку, а другим — к угольнику, укрепленному на ярме. Натяжение пружины регулируют подгибанием ее кронштейна.

Шунтовую обмотку *ШО* регулятора напряжения подключают через ускоряющее сопротивление $R_у$ к выпрямленному напряжению генератора; выравнивающая обмотка *ВО* соединена последовательно с контактами регулятора напряжения и включена в цепь возбуждения генератора. Верхний контакт закреплен на неподвижной стойке, а нижний, подвижной контакт укреплен на якорьке. Параллельно контактам включены добавочное сопротивление $R_д$ и ускоряющее сопротивление $R_у$, соединенные последовательно.

Реле включения *РВ,* так же как регулятор напряжения, состоит из П-образного ярма, цилиндрического сердечника, на котором расположена шунтовая обмотка *ШО* реле, якорька с нормально разомкнутыми серебряными контактами и пружины реле. Шунтовая обмотка реле одним концом присоединена на корпус реле-регулятора, а другим концом, через выключатель зажигания *ВЗ,* соединяется с аккумуляторной батареей. Нижний, неподвижный, контакт реле закреплен на стойке, а верхний, подвижный, контакт закреплен на якорьке.

Описанная конструкция элементов реле-регулятора РР310 — регулятора напряжения и реле включения — аналогична таковой в базовом типе реле-регулятора РР24, применяемом с генераторами постоянного тока, и является типовой для всех остальных вибрационных реле-регуляторов, описанных ниже.

Таблица 10

Конструктивные типы регулирующих устройств для генераторов переменного тока

Тип	Выполняемая функция					Тип элемента регулятора напряжения	Количество электромагнитных реле	Тип генератора, с которым работает	Автомобили и автобусы, на которых применяются
	регулирование напряжения	ограничение тока	включение главной цепи и обмотки возбуждения	включение только обмотки возбуждения	защита от коротких замыканий				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РР310	Да	Нет	Да	—	Нет	Одноступенчатый вибрационный	2	Г501	ЗАЗ-965 «Запорожец»
РР127	»	»	Нет	Нет	»	То же	1	Г270	МАЗ-500, КрАЗ-256 и их модификации
РР115	»	»	Да	—	»	»	2	Г253	ПАЗ-652 ПАЗ-672
РР115-В	»	»	Нет	Да	»	»	2	Г253	ПАЗ-672
РР5, РР119	»	Да	Да	—	»	Одноступенчатый вибрационный двухэлементный	4	Г2-Б и его модификации	ЗИЛ-158, ЛАЗ-695 и др.
РР380	»	Нет	Нет	Нет	»	Двухступенчатый вибрационный	1	Г221	ВАЗ-2101
РР362, РР385-А	»	»	»	»	Да	Контактно-транзисторный	2	Г250 и его модификации	ГАЗ-53, ГАЗ-66, «Москвич-412», ЗИЛ-130, трактор К-700
РР350	»	»	»	»	Нет	Бесконтактно-транзисторный	—	Г250-Е1	ГАЗ-24 «Волга»

Регулятор напряжения *РН* и реле выключения *РВ* (см. рис. 59) монтируют на общем основании и закрывают крышкой. Для подсоединения реле-регулятора к генератору и аккумуляторной батарее служат выводные клеммы (см. рис. 60): *Б* — батарея; *ВЗ* — выключатель зажигания; *В* — выпрямитель и *Ш* — шунтовая обмотка генератора. Обозначения выводных клемм одинаковы на большинстве типов реле-регуляторов.

Работа реле включения. При неработающем генераторе и выключенном зажигании контакты реле включения удерживаются в разомкнутом состоянии усилием пружины якорька и таким образом реле-регулятор, селеновый выпрямитель и обмотка возбуждения генератора отключены от аккумуляторной батареи.

При включении зажигания замыкаются контакты *ВЗ* и обмотка *ШО* реле включения *РВ* подключается к аккумуляторной батарее. Ток, возникший в обмотке *ШО* под действием напряжения батареи, создает магнитный поток в сердечнике реле. Возникающее при этом магнитное усилие притягивает якорек реле к сердечнику, и вследствие этого замыкаются контакты реле включения.

При замкнутых контактах реле включения под действием напряжения аккумуляторной батареи через обмотку возбуждения генератора начинает протекать ток, замыкающийся по пути: клемма «+» аккумуляторной батареи — клемма *Б* реле-регулятора — замкнутые контакты реле включения *РВ* — якорек и ярмо реле включения — ярмо и нормально замкнутые контакты регулятора напряжения *РН* — выравнивающая обмотка *ВО* — клемма *Ш* реле-регулятора — клемма *Ш* генератора — изолированная щетка и контактное кольцо генератора — обмотка возбуждения *ОВ* генератора — контактное кольцо и «массовая» щетка генератора (на рис. 60 контактные кольца и щетки не показаны) — масса—клемма «—» аккумуляторной батареи.

Одновременно через шунтовую обмотку *ШО* регулятора напряжения *РН* протекает ток, замыкающийся по пути: клемма «+» аккумуляторной батареи — контакты реле включения *РВ* — ярмо реле включения — ускоряющее сопротивление $R_у$ — обмотка *ШО* регулятора напряжения *РН* — «масса» и «—» аккумуляторной батареи.

Под действием напряжения аккумуляторной батареи протекает также обратный ток через выпрямитель, замыкающийся по пути: клемма «+» аккумуляторной батареи — контакты, якорек и ярмо реле включения *РВ* — клемма *В* регулятора напряжения — клемма «+» селенового выпрямителя — последовательно соединенные селеновые выпрямительные элементы (по трем параллельным ветвям) — масса — клемма «—» аккумуляторной батареи.

При включении контактов *ВЗ* зажигания ток разряда аккумуляторной батареи только на генераторную установку (при исправном выпрямителе) может составлять около 2,4 *а;* этот ток равен сумме токов: шунтовой обмотки реле включения 0,1 *а,* шунтовой обмотки и сопротивлений $R_у$ и $R_д$ регулятора напряжения — 0,5 *а,* обмотки возбуждения генератора — 1,5 *а* и обратного тока выпрямителя — 0,3 *а.*

Напряжение, при котором замыкаются контакты реле включения (напряжение включения), должно быть в пределах 6÷9 *в.*

Работа регулятора напряжения. Под действием тока возбуждения генератора возникает магнитное поле ротора и после пуска двигателя при вращении ротора генератора в фазных обмотках его статора наводятся переменные э. д. с., возрастающие пропорционально увеличению скорости вращения ротора генератора. Возникающие на выводных зажимах фаз генератора переменные напряжения выпрямляются селеновым выпрямителем.

Если выпрямленное напряжение генератора на клемме *В*, возрастающее с увеличением скорости вращения, поднимается выше нормального регулируемого напряжения, равного 13,8—14,8 *в,* то якорек регулятора напряжения под действием возросшей силы магнитного притяжения, преодолевающей противодействующую силу пружины, притягивается к сердечнику регулятора напряжения и размыкает контакты, включая тем самым в цепь обмотки возбуждения добавочное $R_д$ и ускоряющее $R_у$ сопротивления. Вследствие этого ток возбуждения начинает уменьшаться, а следовательно, уменьшается и напряжение генератора (рис. 61).

Если бы контакты регулятора напряжения остались разомкнутыми, напряжение упало бы значительно ниже нормального. Однако этого практически не происходит, так как при уменьшении напряжения ниже нормального магнитная сила, притягивающая якорек, уменьшается, пружина преодолевает ее и контакты регулятора напряжения замыкаются вновь. Вследствие

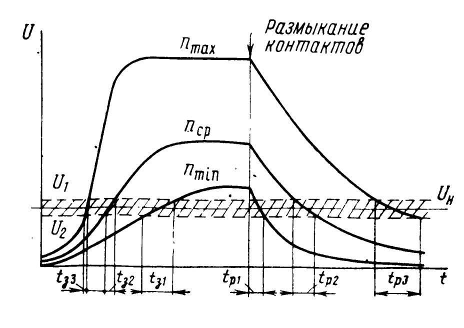


Рис. 61. Кривые нарастания и сброса напряжения генератора при различных скоростях вращения генератора: n_{max}, $n_{ср}$, n_{min} — максимальная, средняя и минимальная скорости вращения генератора; U_1, U_2 — верхний и нижний пределы напряжения генератора; $U_н$ — среднее значение регулируемого напряжения; $t_{з1}$, $t_{з2}$, $t_{з3}$ — время замкнутого состояния контактов соответственно при минимальной, средней и максимальной скоростях вращения генератора: $t_{р1}$, $t_{р2}$, $t_{р3}$ — время разомкнутого состояния контактов регулятора напряжения

этого добавочное $R_д$ и ускоряющее $R_у$ сопротивления вновь выключаются из цепи обмотки возбуждения и ток возбуждения и напряжения генератора вновь начинает увеличиваться до тех пор, пока контакты регулятора напряжения снова не разомкнутся. Указанный процесс повторяется периодически.

В течение всего времени работы генератора контакты регулятора напряжения замыкаются и размыкаются, а регулируемое напряжение колеблется около нормальной величины.

При частоте замыкания и размыкания контактов, равной или большей 30 *гц,* колебания напряжения практически незаметны. При включенной параллельно генератору аккумуляторной батарее выпрямленное напряжение поддерживается практически постоянным, равным среднему значению регулируемого напряжения.

Скорость нарастания напряжения при замыкании контактов, а также скорость убывания напряжения при размыкании контактов зависит от скорости вращения ротора генератора. Чем больше скорость вращения ротора генератора, тем выше скорость нарастания напряжения при замкнутых контактах и, наоборот, чем больше скорость вращения, тем медленнее спад напряжения генератора при разомкнутых контактах (см. рис. 61). Это означает, что с увеличением скорости вращения ротора генератора время замкнутого состояния контактов уменьшается, а время разомкнутого состояния контактов увеличивается. Следовательно, с увеличением скорости вращения в цепь обмотки возбуждения генератора добавочное сопротивление включается на большее время, что вызывает уменьшение тока возбуждения, магнитного потока возбуждения, а следовательно, и напряжения генератора. Таким образом, с увеличением скорости вращения ротора генератора его выпрямленное напряжение поддерживается постоянным в заданных пределах.

Величину суммарного сопротивления $R_д$ и $R_у$, включаемого параллельно контактам регулятора напряжения, подбирают из условия поддержания регулятором нормальной величины регулируемого напряжения при заданной максимальной скорости вращения ротора генератора. При этом нагрузка генератора принимается минимальная, обусловленная теми потребителями электроэнергии, которые могут быть включены в условиях дневной езды с максимальной скоростью движения автомобиля.

Кроме того, сопротивления $R_д$ и $R_у$ выполняют роль искрогасительных сопротивлений, включенных между контактами регулятора напряжения при их размыкании.

Повышение частоты вибрации контактов, необходимое для создания нормальных условий работы контактов и потребителей электроэнергии, обеспечивается включением шунтовой обмотки регулятора напряжения по схеме ускоряющего сопротивления. В этом случае шунтовую обмотку регулятора напряжения одним концом включают на массу, а другим — к точке

между сопротивлениями $R_у$ и $R_д$. При замкнутых контактах через ускоряющее сопротивление $R_у = 13$ *ом* проходит только ток шунтовой обмотки регулятора напряжения незначительной величины (порядка 0,4 *а*). Следовательно, напряжение на шунтовой обмотке регулятора будет меньше напряжения генератора на величину падения напряжения на сопротивлении $R_у$; эта величина равна произведению силы тока 0,4 *а* на сопротивление $R_у = 13$ *ом* и составляет примерно 5 *в*.

При разомкнутых контактах регулятора напряжения через сопротивление $R_у$ пройдет не только ток шунтовой обмотки регулятора, но и ток возбуждения генератора; при этом падение напряжения на сопротивлении $R_у$ резко возрастает и, следовательно, на эту величину уменьшается напряжение на обмотке регулятора напряжения. В результате значительно уменьшаются ток шунтовой обмотки *ШО* регулятора напряжения и сила магнитного притяжения якорька и пружина обеспечивает более быстрое обратное замыкание контактов. Таким образом частота вибрации контактов увеличивается до 150—250 *гц* и соответственно уменьшается амплитуда колебаний напряжения генератора.

Выравнивающая обмотка *ВО* регулятора напряжения служит для компенсации увеличения напряжения генератора с увеличением скорости вращения ротора генератора, которое наблюдается при работе регулятора с ускоряющим сопротивлением. Выравнивающую обмотку наматывают на сердечник регулятора напряжения в направлении намотки шунтовой обмотки. Эта обмотка состоит из незначительного числа витков медного провода, включенного последовательно с контактами регулятора напряжения. Поэтому магнитный поток, создаваемый выравнивающей обмоткой, невелик. Выравнивающую обмотку *ВО* включают встречно по отношению к шунтовой обмотке *ШО* регулятора напряжения. Следовательно, магнитный поток выравнивающей обмотки действует навстречу магнитному потоку основной шунтовой обмотки регулятора напряжения и уменьшает ее на небольшую величину, вследствие чего напряжение генератора повышается.

При малой скорости вращения ток возбуждения генератора, проходящий по выравнивающей обмотке, имеет наибольшую величину. Следовательно, действие выравнивающей обмотки и повышение напряжения генератора на малой скорости вращения будет наибольшим. С увеличением скорости вращения ток возбуждения, а следовательно, и размагничивающее действие выравнивающей обмотки уменьшаются, вследствие чего она повышает напряжение генератора на меньшую величину, и тем самым способствует выравниванию напряжения генератора, которое при отсутствии выравнивающей обмотки повышалось бы с увеличением скорости вращения.

Сопротивления $R_у$ и $R_д$ реле регулятора РР310 (так же как

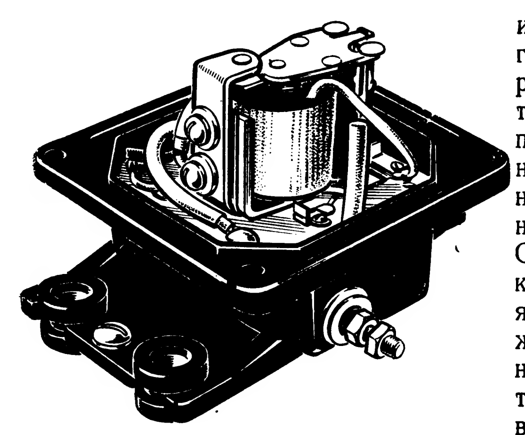


Рис. 62. Общий вид реле-регулятора РР127 со снятой крышкой

и все сопротивления других типов отечественных реле-регуляторов) наматывают из нихромовой проволоки марки Х15Н60 на шнур из стекловолокнита, пропитанный кремнийорганическим лаком. Серьгу (пластинку), на которой подвешивают якорек регулятора напряжения или реле включения, изготовляют из листовой стали или бронзы, а в случае использования ее для термокомпенсации (см. далее реле-регулятор РР127) — из биметалла.

Основные параметры реле-регулятора РР310 приведены в табл. 11 и 12.

Регулятор напряжения РР127. Вибрационный регулятор напряжения РР127 (рис. 62) предназначен для работы с автомобильным генератором переменного тока типа Г270-А со встроенным кремниевым выпрямителем. Генератор Г270-А выполнен на напряжение 24 *в*, силу тока 20 *а* и предназначен для работы по однопроводной схеме с соединением минуса на массу в системе электрооборудования автомобилей МАЗ-500, КрАЗ-256 и их модификаций с дизельными двигателями ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238.

Конструкция и схема соединения обмоток регулятора напряжения РР127 аналогичны конструкции регулятора напряжения реле-регулятора РР310, описанного выше.

Шунтовую обмотку *ШО* регулятора напряжения подключают к клемме «+» генератора через ускоряющее сопротивление $R_у$ величиной 30 *ом* (рис. 63). Выравнивающую обмотку *ВО*, намотанную из медного провода, соединяют последовательно с контактами регулятора напряжения и, следовательно, включают в цепь обмотки возбуждения генератора.

Параллельно контактам регулятора напряжения включены: ускоряющее сопротивление $R_у$ и два последовательно соединенных добавочных сопротивления $R_д$, равные 128 и 30 *ом*. Таким образом, при разомкнутых контактах регулятора напряжения последовательно с обмоткой возбуждения генератора включается суммарное добавочное сопротивление, равное 188 *ом*. Последовательно в цепь шунтовой обмотки регулятора напряжения включено сопротивление температурной компенсации $R_{тк}$, равное 40 *ом* и выполненное из нихрома (Х15Н60).

Параметры вибрационных реле-регуляторов

Параметры	Типы реле-регуляторов					
	РР310	РР127	РР115-РР115-В	РР5	РР119	РР380
1	2	3	4	5	6	7
Номинальное напряжение, *в*	12	24	12	12	12	12
Величина тока ограничения, *а*	—	—	—	57—63	38—42	—
Напряжение срабатывания реле включения при температуре окружающего воздуха +20±5°C, *в*	6—9	—	6—9	6—9	6—9	—
Регулируемое напряжение при температуре реле-регулятора и окружающей среды +20° C	13,8—14,8	27,4—30,2	14—15	14—15	14—15	13,9—14,5 (на II ступени), на I ступени на 0,4—0,7 *в* меньше, чем на II
Регулировка регулятора напряжения: при токе нагрузки, *а*	10	10	20	30	20	7—10 (на I ступени) 25—30 (на II ступени)
при скорости вращения генератора, *об/мин*	4300	2500	3000	3000	3000	5000
Зазор между якорем и сердечником регулятора напряжения при замкнутых контактах, *мм*	1,2—1,4	0,2—0,35	1,4—1,5	1,4—1,6	1,4—1,6	1,5
Зазор между якорем и сердечником реле включения, *мм*: при разомкнутых контактах	0,5—0,6	—	0,5—0,6	1,3—1,6	1,3—1,6	—
при замкнутых контактах	0,2—0,3	—	0,2—0,3	—	—	—
Вес, *кг*	0,5		1,4; 0,65	2,6		0,42

Таблица 12

Обмоточные данные и величины сопротивления вибрационных реле-регуляторов

Тип реле-регулятора	Обмотки или сопротивления	Марка провода	Диаметр, *мм*	Число витков	Сопротивление, *ом*
1	2	3	4	5	6
РР310	Шунтовая обмотка реле-включения	ПЭВ-2	0,17	3000±10	110±6
	Шунтовая обмотка регулятора напряжения	ПЭВ-2	0,29	1150^{+10}	18± 1
	Выравнивающая обмотка регулятора напряжения	ПЭВ-2	0,8	40—42	Очень мало
	Добавочное сопротивление	М-Х15Н60	0,1		60±5
	Ускоряющее сопротивление	М-Х15Н60	0,2		13±1
РР127	Шунтовая обмотка регулятора напряжения	ПЭЛ	0,19	3300±10	100±8
	Выравнивающая обмотка регулятора напряжения	ПЭЛ	0,62	60	Очень мало
	Добавочное сопротивление	М-Х15Н60	0,1		128±6,5
	То же	М-Х15Н60	0,1		30±2,4
	Ускоряющее сопротивление	М-Х15Н60	0,1		30±2,4
	Сопротивление температурной компенсации	М-Х15Н60	0,1		40±3,2
РР115, РР115-В	Шунтовая обмотка реле-включения	ПЭВ-2	0,19	2800±10	83±8
	Шунтовая обмотка регулятора напряжения	ПЭВ-2	0,29	1150±10	17,5±1
	Выравнивающая обмотка регулятора напряжения	ПЭВ-2	0,72	50	Очень мало
	Добавочное сопротивление	М-Х15Н60	0,2		65±5,2
	Ускоряющее сопротивление	М-Х15Н60	0,2		13±1
РР5, РР119	Шунтовая обмотка реле включения	ПЭЛ	0,35	1800	$21,5^{\pm1,1}$
		ПЭК	0,35	35	$13,5^{-18,5}$

1	2	3	4	5	6
	Выравнивающая обмотка регуляторов напряжения	ПЭЛ	0,72	62—65	0,04
	Шунтовая обмотка регуляторов напряжения	ПЭЛ	0,35	1440	15
	Сериесная обмотка ограничителя тока	ПВД	3,03×2	6,25	Очень мало
	Ускоряющая обмотка ограничителя тока	ПЭВ1	1,0	40	То же
РР380	Шунтовая обмотка регулятора напряжения	ПЭВ	0,32	870	8,8
	Добавочное сопротивление				5,5
	Сопротивление температурной компенсации				11,0

Работа регулятора напряжения. Регулятор напряжения работает так же, как и регулятор напряжения реле-регулятора РР310.

При неработающем генераторе, когда разомкнут выключатель массы *ВМ* аккумуляторной батареи (см. рис. 63), или при работающем на малых оборотах роторе генератора, когда напряжение генератора меньше 27,4—30,2 *в,* контакты регулятора напряжения замкнуты усилием пружины якорька.

При включении выключателя массы *ВМ* аккумуляторная батарея разряжается на обмотку возбуждения генератора, обмотки и сопротивления регулятора током, равным примерно 1,2—1,3 *а,* обусловленным в основном током возбуждения генератора, который составляет примерно 1 *а.* Обратный ток, идущий через выпрямитель, состоящий из кремниевых вентилей, практически равен нулю.

Ток, протекающий по шунтовой обмотке регулятора напряжения, замыкается по пути: клемма «+» аккумуляторной батареи — клемма «+» генератора — клемма «+» регулятора напряжения — сопротивления $R_у$, $R_{тк}$ — шунтовая обмотка *ШО* — корпус регулятора напряжения — масса — клемма «—» аккумуляторной батареи.

Ток обмотки возбуждения генератора замыкается по пути: клемма «+» аккумуляторной батареи — клемма «+» генератора и регулятора напряжения — выравнивающая обмотка *ВО* — нормально замкнутые контакты регулятора напряже-

ния — клеммы *Ш* регулятора напряжения и генератора — изолированная щетка и контактное кольцо ротора генератора — обмотка возбуждения *ОВ* генератора — контактное кольцо и массовая щетка ротора генератора — масса — клемма «—» аккумуляторной батареи. При работе генератора, когда его напряжение становится выше, чем э. д. с. аккумуляторной батареи, источником тока становится генератор. В этом случае пути тока шунтовой обмотки регулятора напряжения и тока возбуждения генератора будут прежние, но ток исходит из клеммы «+» генератора (содержащего встроенное выпрямительное устройство) и возвращается на массу к клемме «—» генератора. Одновременно генератор питает потребителей и заряжает аккумуляторную батарею.

По мере увеличения скорости вращения ротора генератора, когда его напряжение достигает регулируемой величины 27,4—30,2 *в,* намагничивающая сила шунтовой обмотки *ШО* регулятора, равная произведению тока на число витков шунтовой обмотки, увеличивается, а вместе с тем увеличивается магнитный поток и магнитное усилие, действующее на якорек. При этом если магнитное усилие становится большим, чем противодействующая сила пружины, то якорек притягивается к сердечнику и контакты регулятора напряжения размыкаются. В этот момент в цепь обмотки возбуждения генератора включаются последовательно добавочные и ускоряющее сопротивления $R_у$ и

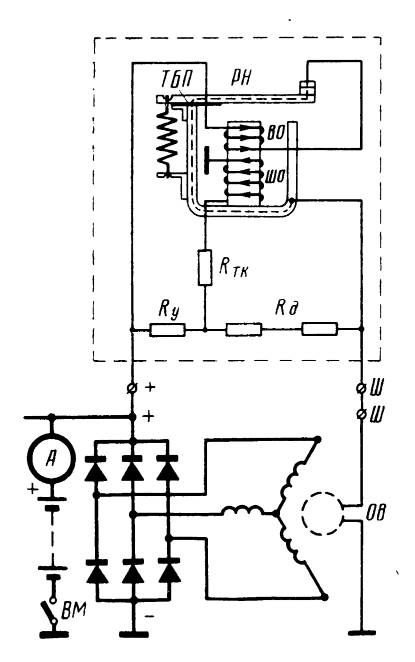


Рис. 63. Электрическая схема соединений реле-регулятора РР127: «+» и *Ш* — обозначения выводных клемм реле-регулятора; *РН* — регулятор напряжения; *ШО* — шунтовая обмотка; *ВО* — выравнивающая обмотка; *ТБП* — термобиметаллическая пластина (серьга); $R_{тк}$ — термокомпенсирующее сопротивление; $R_у$ — ускоряющее сопротивление; $R_д$ — добавочные сопротивления; *ВМ* — выключатель «массы» (батареи); *ОВ* — обмотка возбуждения генератора

$R_д$ (128+30+30 *ом*) и ток возбуждения замыкается по пути: клеммы «+» генератора и регулятора напряжения — ускоряющее сопротивление $R_у$ 30 *ом* — добавочные сопротивления $R_д$ 30 *ом* и 128 *ом* — клеммы *Ш* регулятора и генератора — обмотка возбуждения генератора — клемма «—» (корпус) генератора. Вследствие включения сопротивлений в цепь обмотки возбуждения ее ток, намагничивающая сила и созданный ею магнитный поток возбуждения генератора уменьшаются, поэтому уменьшаются электродвижущая сила фазных обмоток и выпрямленное напряжение генератора.

Уменьшение напряжения генератора вызовет уменьшение силы тока и намагничивающей силы в шунтовой обмотке регулятора напряжения; вследствие этого уменьшится магнитный поток и магнитная сила притяжения якорька. Под действием пружины якорек вновь замкнет контакты регулятора напряжения, после чего процесс будет периодически повторяться. Таким образом контакты регулятора напряжения будут периодически замыкаться и размыкаться с большой частотой, поддерживая выпрямленное напряжение генератора на заданном уровне.

Действие ускоряющего сопротивления $R_у$ и выравнивающей обмотки ВО регулятора' РР127 аналогично действию таковых в результате напряжения реле-регулятора РР310.

Температурная компенсация регулятора напряжения. Регулируемое напряжение должно поддерживаться в заданных пределах независимо от температуры окружающей среды и нагрева обмоток регулятора напряжения. Однако при нагревании шунтовой обмотки, состоящей из медного провода, сопротивление ее, как известно, увеличивается и определяется следующей формулой:

$$R_{шог} = R_{шох}(1 + \alpha\tau),$$

где $R_{шох}$ — сопротивление шунтовой обмотки в холодном состоянии, *ом;*
$R_{шог}$ — сопротивление шунтовой обмотки в горячем состоянии, *ом;*
α — температурный коэффициент сопротивления, равный для меди, примерно 0,004 $\frac{1}{{}^0C}$;
τ — превышение температуры обмотки над температурой окружающей среды, °С.

При повышении температуры, равном, например, 75°С (по отношению к первоначальной температуре +20°С), сопротивление шунтовой обмотки регулятора РР127 увеличивается со 100 до 130 *ом*, т. е. на 30%. Если бы суммарное сопротивление цепи шунтовой обмотки определялось только сопротивлением самой обмотки, намотанной медным проводом, то возрастание ее сопротивления на 30% соответственно уменьшило бы на 30% ток шунтовой обмотки, а следовательно, уменьшился бы магнитный поток и магнитное усилие. В результате напряжение, при котором будут размыкаться контакты регулятора, повысится, так

как прежняя величина магнитного усилия, необходимая для преодоления противодействующего усилия пружины якорька, может быть достигнута лишь при прежнем значении тока шунтовой обмотки, т. е. после увеличения напряжения генератора на 30% или примерно до 35—39 *в.* Подобное увеличение напряжения является недопустимым, так как оно вызывает аварийное состояние в системе электрооборудования автомобиля из-за перезаряда аккумуляторных батарей и резкого сокращения срока их службы, перекала спиралей и снижения срока службы ламп накаливания, окисления контактов прерывателей и искажение показаний приборов и т. д.

Для исключения описанного вредного явления в реле-регуляторе РР127 применяют сопротивление температурной компенсации $R_{тк}$, выполненное из нихрома, и подвеску якорька регулятора на термобиметаллической пластине *ТБП* (см. рис. 63).

С увеличением температуры шунтовой обмотки, например на 75°С (с +20°С до +95°С), нихромовое сопротивление $R_{тк} = 40$ *ом* практически не изменяет своей величины. Ускоряющее сопротивление $R_у = 30$ *ом*, выполненное из нихрома, включено последовательно с шунтовой обмоткой и, помимо ускорения колебаний якорька, также играет роль термокомпенсирующего сопротивления. Поэтому суммарное сопротивление цепи шунтовой обмотки регулятора с повышением температуры будет увеличиваться с исходной величины $100 + 40 + 30 = 170$ *ом* до величины $100\ (1 + 0{,}004 \times 75) + 40 + 30 = 200$ *ом*, т. е. всего на 17%. В таком же отношении возрастает и регулируемое напряжение генератора.

Таким образом применение термокомпенсирующих сопротивлений ограничило возрастание напряжения при нагреве регулятора напряжения меньшей величиной (17% вместо 30%), но не дало полной термокомпенсации.

Для дальнейшего ограничения возрастания регулируемого напряжения с увеличением температуры наряду с включением в цепь шунтовой обмотки термокомпенсирующих сопротивлений применяют подвеску якорька реле на термобиметаллической пластине или серьге *ТБП*, состоящей из двух сваренных между собой пластин — инвара ЭН-36 (сплав 63% железа, 36% никеля и других металлических добавок) и латуни либо хромоникелевой или молибденоникелевой стали. Инвар обладает малым температурным коэффициентом линейного теплового расширения $(1.10^{-10}\frac{1}{°C})$ и поэтому образует пассивную сторону термобиметаллической пластины. Латунь и хромоникелевая или молибденоникелевая стали обладают большим температурным коэффициентом линейного расширения $(17—20.10^{-6}\frac{1}{°C})$ и образуют активную часть термобиметаллической пластины. Термобиметаллическую пластину одним концом прикрепляют к

якорьку активной стороной, а другим концом укрепляют посредством заклепок и уголка к ярму магнитопровода, а пассивной стороной к сердечнику реле. Термокомпенсация регулируемого напряжения посредством термобиметаллической пластины осуществляется следующим образом.

При увеличении температуры окружающей среды, а также температуры обмоток и деталей регулятора напряжения, термобиметаллическая пластина деформируется, стремясь изогнуться в сторону сердечника. Но так как конец ее прикреплен к якорю реле, то изогнуться она не может, вследствие чего на якорь будет действовать сила, направленная к сердечнику реле, и противодействующая силе пружины.

Тем самым суммарное усилие пружины и термобиметаллической пластины (серьги) уменьшается и компенсируется уменьшение магнитной силы притяжения якоря к сердечнику вследствие нагрева обмотки, так что величина регулируемого напряжения остается прежней.

Термокомпенсацию применяют не только в регуляторах напряжения, но и в реле включения.

Требования к ограничению возрастания напряжения включения при нагреве обмотки у реле включения менее жесткие, чем у регуляторов напряжения; поэтому у реле включения в большинстве случаев достаточно одного термокомпенсирующего сопротивления, включенного последовательно с медной шунтовой обмоткой. У регуляторов напряжения, помимо термокомпенсирующего сопротивления (роль которого часто играет ускоряющее сопротивление $R_у$), необходимо применять термокомпенсирующие биметаллические серьги (пластины) или другие средства.

Термокомпенсирующее сопротивление иногда не выносят отдельно, а наматывают на сердечник в виде продолжения медной шунтовой обмотки *ШО* и в таких случаях оно хотя и существует, но на схеме не показывается.

В описанном ранее реле-регуляторе РР310 термокомпенсация регулятора напряжения осуществляется ускоряющим сопротивлением $R_у$ и биметаллической серьгой (пластиной), на которой подвешен якорек, а термокомпенсация реле-включения термокомпенсирующим сопротивлением, намотанным на сердечник, в виде продолжения шунтовой обмотки реле.

Основные параметры и обмоточные данные реле-регулятора РР127 см. в табл. 14 и 15.

Реле-регуляторы РР115 и РР115-В предназначены для работы с генераторами Г253 переменного тока напряжением 12 *в*, мощностью 500 *вт* в комплекте с селеновыми выпрямителями РС310 или РС300. Генератор Г253 предназначен для работы на однопроводной схеме при соединении «минуса» на массу в системе электрооборудования автобусов ПАЗ-652 и ПАЗ-672.

Реле-регуляторы РР115 и РР115-В состоят из реле включения и регулятора напряжения.

В реле-регуляторе РР115 (рис. 64 и 65) реле включения служит для включения в сеть и отключения от сети электрооборудования автобуса селенового выпрямителя, обмотки возбуждения генератора и шунтовой обмотки регулятора напряжения.

В реле-регуляторе РР115-В (рис. 66) реле включения служит для включения в сеть и отключения от сети только обмотки возбуждения генератора и шунтовой обмотки регулятора напряжения.

Таким образом, основное отличие реле-регулятора РР115 от реле-регулятора РР115-В заключается в том, что в первом через контакты реле включения проходит весь ток нагрузки генератора, а во втором — лишь ток обмотки возбуждения генератора и ток шунтовой обмотки регулятора напряжения.

Реле включения *РВ* и регулятор напряжения *РН* реле-регулятора РР115 (см. рис. 64) помещены на закрытом основании, отлитом из цинкового сплава. Магнитная система реле и регулятора напряжения аналогичны описанным ранее. Контакты реле включения — серебряные, нормально разомкнутые; якорек реле включения укрепляется на термобиметаллической пластине, при помощи которой осуществляется термокомпенсация реле выключения.

Регулятор напряжения имеет вольфрамовые нормально замкнутые контакты. Схема соединения обмоток аналогична таковой у регулятора напряжения РР310.

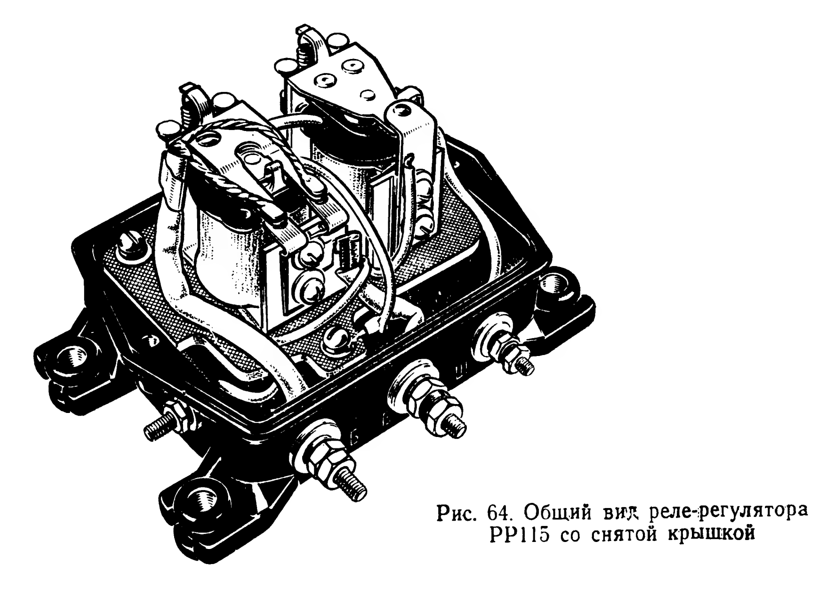


Рис. 64. Общий вид реле-регулятора РР115 со снятой крышкой

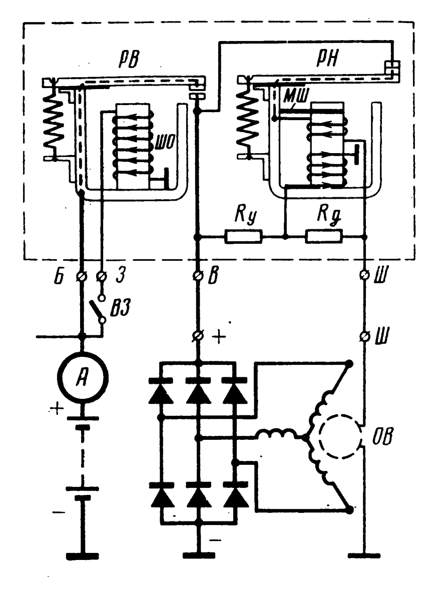


Рис. 65. Электрическая схема соединений реле-регулятора РР115

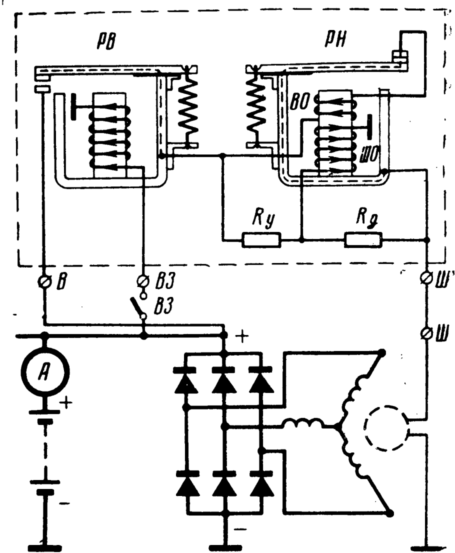


Рис. 66. Электрическая схема соединения реле-регулятора **РР115-В**

Параллельно контактам регулятора напряжения включены: добавочное сопротивление $R_д$, равное 65 *ом*, и ускоряющее сопротивление $R_у$, равное 13 *ом*.

Действие реле включения и регулятора напряжения реле-регуляторов РР115 и РР155-В аналогичны действию тех же элементов реле-регулятора РР310. Но в отличие от последнего в регуляторе напряжения РР115 для улучшения термокомпенсации вместо биметаллической серьги применен термомагнитный шунт *МШ* (см. рис. 65), представляющий собой пластинку из сплава 31% никеля и 69% железа и установленный между ярмом и сердечником регулятора напряжения.

Действие термомагнитного шунта заключается в изменении его магнитного сопротивления при повышении температуры. При работе регулятора напряжения магнитный поток между сердечником и ярмом замыкается в основном через якорек и частично через магнитный шунт. Магнитное сопротивление шунта увеличивается с ростом температуры и уменьшается при ее понижении. Вследствие этого при нагреве регулятора магнитный поток, замыкающийся через шунт, уменьшается и основной магнитный поток регулятора замыкается почти весь через якорек. Этим самым частично компенсируется уменьшение общего магнитного потока сердечника из-за уменьшения тока шунтовой обмотки регулятора и регулируемое напряжение удерживается в допустимых границах.

У реле-регулятора РР115-В термокомпенсация осуществляется подвеской якорька регулятора напряжения на биметаллической серьге, т. е. так, как у описанных выше реле-регуляторов РР310 и РР127.

Основные параметры и обмоточные данные реле-регуляторов РР115 и РР115-В приведены ранее в табл. 14 и 15.

Реле-регуляторы РР5 и РР119. Реле-регуляторы РР5 и РР119 предназначены для работы с генератором Г2-Б переменного тока 12 *в* и силой тока 60 *а* в комплекте с селеновыми выпрямителями РС300 и РС300-А. Генератор Г2-Б предназначен для работы по однопроводной схеме при соединении минуса на массу в системе электрооборудования автобусов. Реле-регулятор РР5 устанавливают на автобусах ЛАЗ-695Б, ЛАЗ-697Е, ЗИЛ-158 и их модификациях, а также на автобусах ПАЗ-652 (выпуска до 1960 г.). Реле-регулятор РР119 отличается от РР5 только величиной ограничиваемого выпрямленного тока, равного для РР119 38—42 *а;* РР119 устанавливают на автобусах ПАЗ-652.

Реле-регуляторы РР5 и РР119 состоят из реле-включения *РВ*, ограничителя силы тока *ОТ* и двух регуляторов напряжения PH_1 и PH_2, установленных на общем закрытом основании (рис. 67).

Реле включения. Магнитная система реле включения *РВ* аналогична системе реле включения реле-регулятора РР115; вследствие большой силы тока реле включения имеет три пары серебряных контактов, соединенных параллельно. Шунтовая обмотка *ШО* реле включения (рис. 68) одним концом соединена на массу, а другим концом выводится на клемму *3*, служащую для подсоединения к соответствующей клемме выключателя зажигания.

При неработающем генераторе и выключенном зажигании контакты реле включения пружиной удерживаются в разомкну-

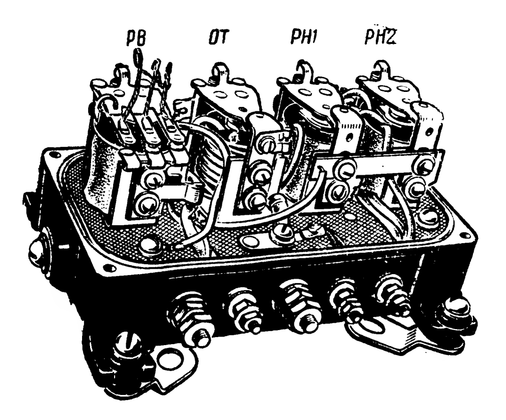


Рис. 67. Общий вид реле-регуляторов РР5 и РР119 со снятой крышкой:
РН1 — регулятор напряжения; *РН2* — регулятор напряжения; *ОТ* — ограничитель тока; *РВ* — реле включения

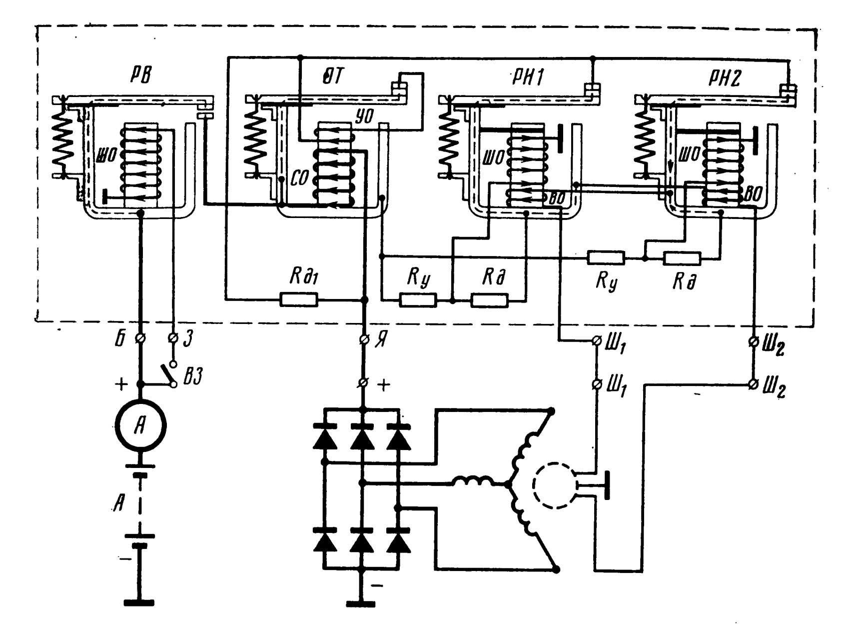


Рис. 68. Электрическая схема соединений реле-регулятора РР5 и РР119

том состоянии, и таким образом селеновый выпрямитель, обе обмотки возбуждения генератора и обмотки реле-регулятора отключаются от аккумуляторной батареи.

При включении зажигания обмотки *ШО* реле включения *РВ* подключается к аккумуляторной батарее и реле включается; напряжение включения реле должно быть в пределах 6—9 *в*. При замкнутых контактах реле включения к аккумуляторной батарее подключается генераторная установка, по элементам которой начинает проходить ток.

В обеих параллельных ветвях обмотки возбуждения генератора протекают токи, замыкающиеся по цепи: клемма «+» аккумуляторной батареи — амперметр — клемма *Б* — ярмо и контакты реле включения *РВ* — ярмо ограничителя тока; дальше ток возбуждения делится на две параллельные ветви, проходя через нормально замкнутые контакты регуляторов напряжения *РН1* и *РН2* — выравнивающие обмотки регуляторов напряжения — клеммы $Ш_1$ и $Ш_2$ — изолированные щетки и кольца ротора генератора — обмотки возбуждения генератора, соединенные параллельно, — контактное кольцо и «массовую» щетку генератора — минус аккумуляторной батареи. Одновременно протекают токи и через шунтовые обмотки *ШО* регуляторов напряжения.

Под действием напряжения аккумуляторной батареи через силовой выпрямитель протекает обратный ток, который в зави-

симости от старения селеновых элементов и состояния их формовки может достигать нескольких ампер. Учитывая также, что ток возбуждения генератора в каждой из двух ветвей может достигать 1,3—1,5 *а,* общий ток разряда аккумуляторной батареи при неработающем генераторе может достигать 4—6 *а.* Поэтому в цепи аккумуляторной батареи во избежание ее разряда при длительных стоянках устанавливают дополнительный выключатель, отключающий минус батареи от массы.

После пуска двигателя, генератор возбуждается и на клемме «+» генератора возникает выпрямленное напряжение. Ток в цепях обмоток возбуждения и обмоток регуляторов напряжения сохраняет прежнее направление, но поступает теперь с клеммы «+» генератора через клемму *Я* реле-регулятора и сериесную обмотку ограничителя тока на его ярмо и далее, как описано выше.

Регуляторы напряжения. Для улучшения зарядных характеристик генератора и обеспечения заряда аккумуляторных батарей при мининимальных устойчивых оборотах холостого хода двигателя в генераторе Г2-Б использована магнитная система, требующая увеличенного тока возбуждения по сравнению с генераторами постоянного тока. Так как этот ток возбуждения является чрезмерным для контактов регулятора напряжения и не обеспечивает их надежной работы, то обмотка возбуждения генератора разделена на две параллельные ветви и в каждую ветвь включен свой регулятор напряжения. Тем самым ток, текущий через контакты каждого регулятора, снижается примерно вдвое и не превосходит допустимой для контактов величины. Питание параллельных ветвей обмотки возбуждения осуществляется через две изолированные щетки, касающиеся крайних контактных колец. Концы обеих ветвей обмотки возбуждения выводятся к третьему (среднему) кольцу, щетка которого является общей и соединяется на массу генераторной установки.

Регуляторы напряжения *РН1* и *РН2* имеют шунтовые и выравнивающие обмотки, причем выравнивающая обмотка первого регулятора *РН1* включена последовательно с контактами второго регулятора напряжения *РН2;* выравнивающая обмотка второго регулятора *РН2* включена последовательно с контактами первого регулятора напряжения PH_1.

Благодаря такой схеме включения выравнивающих обмоток обеспечивается согласованная работа обоих регуляторов напряжения даже в том случае, когда их регулировка (натяжение пружин) неодинакова.

Действительно, если при увеличении напряжения генератора контакты одного из регуляторов напряжения, например *РН1,* размыкаются, то в это время ток в выравнивающей обмотке другого регулятора напряжения *РН2* резко уменьшится и в его сердечнике магнитный поток возрастет, так как размагничиваю-

щий поток, обусловленный током выравнивающей обмотки, уменьшится. Поэтому возрастет магнитное усилие сердечника второго регулятора напряжения *РН2*, его якорек притянется к сердечнику, и контакты второго регулятора напряжения *РН2* также разомкнутся.

Ограничитель силы тока. Так как генератор Г2-Б не имеет самоограничения отдаваемого тока, то для защиты селеновых выпрямителей и обмоток фаз генератора Г2-Б от тепловых перегрузок в систему реле-регулятора РР5 введен ограничитель силы тока, рассчитанный на 57—63 *а*.

Магнитная цепь и расположение контактов ограничителя тока аналогичны таковым у регуляторов напряжения. На сердечнике ограничителя тока размещают сериесную (последовательную) обмотку *СО*, через которую проходит весь выпрямленный ток генератора, и ускоряющую обмотку *УО*. Если ток, отдаваемый генератором, превышает установленную величину, то контакты ограничителя тока размыкаются и в цепь обмотки возбуждения генератора включается последовательно дополнительное сопротивление $R_{д1}$.

Вследствие этого токи в обеих ветвях обмоток возбуждения уменьшаются и напряжение генератора, а следовательно, и выпрямленный ток понижаются. Контакты ограничителя тока вновь замыкаются, напряжение и ток генератора вновь возрастают и процесс повторяется. Таким образом контакты ограничителя тока, вибрируя с достаточно большой частотой, ограничивают ток отдаваемый генератором установленной величиной.

Так как контакты ограничителя тока размыкают обе параллельные ветви обмоток возбуждения, то ток разрыва контактов ограничителя тока в 2 раза больше, чем ток разрыва контактов регуляторов напряжения. Для облегчения условий работы контактов ограничителя тока, добавочное сопротивление $R_{д1}$ выбирают весьма малым (15 *ом*), а для предотвращения образования на поверхности контактов коррозионных пленок, увеличивающих сопротивление в цепи обмоток возбуждения, один из контактов (подвижный) выполняют серебряным, а неподвижный контакт — вольфрамовым.

Для повышения частоты вибрации контактов ограничителя тока на его сердечнике размещают ускоряющую обмотку *УО*, намотанную из медного провода и включенную в цепь последовательно с нормально замкнутыми контактами ограничителя тока.

Намагничивающая сила ускоряющей обмотки суммируется с намагничивающей силой сериесной обмотки ограничителя тока. При размыкании контактов ограничителя, ток в ускоряющей обмотке прерывается, что способствует ускорению размагничивания сердечника магнитопровода и увеличению частоты вибрации контактов.

Основные параметры и обмоточные данные реле-регуляторов РР5 и РР119 приведены ранее в табл. 11 и 12.

Регулятор напряжения РР380 предназначен для работы с автомобильным генератором Г221 переменного тока 12 *в* и силой тока 42 *а*, со встроенным кремниевым выпрямителем, по однопроводной схеме с соединением «—» на массу в системе электрооборудования автомобилей ВАЗ-2101.

В отличие от ранее рассмотренных регулятор напряжения РР380 является двухступенчатым, т. е. имеет две пары контактов, расположенных на якорьке таким образом, что при притяжении якорька к сердечнику сначала размыкается верхняя пара контактов, а затем замыкается нижняя пара контактов.

Регулятор напряжения РР380 (рис. 69) смонтирован на штампованном стальном основании *1*, на котором укреплен также дроссель *5* и двухполюсный штекерный разъем *6*. Под основанием размещены термокомпенсирующее сопротивление $R_{тк}$ и два добавочных сопротивления, соединенных параллельно — $R_{д}$.

Регулятор напряжения имеет три клеммы. Две клеммы в виде штекерного разъема предназначены: клемма *(67)* для соединения с обмоткой возбуждения генератора и клемма *(15)* для соединения с выключателем зажигания. Третья клемма *(31)* (винтовая) предназначена для соединения с корпусом (массой) генератора.

Магнитная система регулятора подобна описанным выше. На сердечнике регулятора намотана только одна шунтовая обмотка *ШО*. На якорьке с обеих сторон расположены два контакта. Неподвижные контакты, верхний и нижний, укреплены на двух контактных стойках.

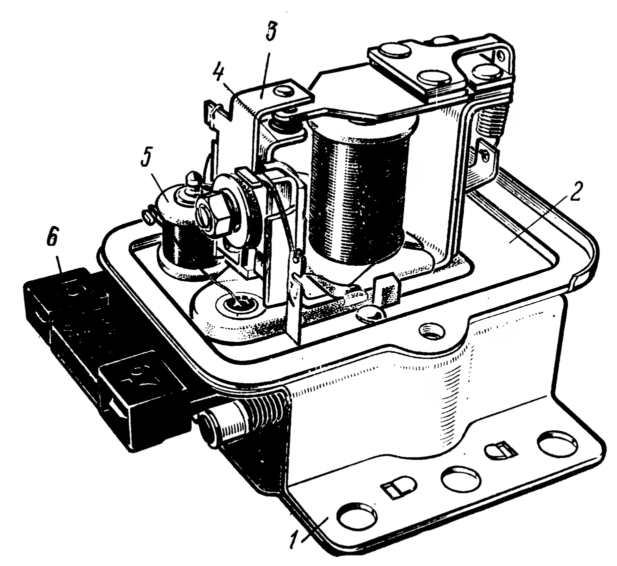


Рис. 69. Общий вид регулятора напряжения РР380:

1 — основание; 2 — изоляционная прокладка; 3— верхний контакт; 4 — нижний контакт; 5—дроссель; 6—штекерный разъем

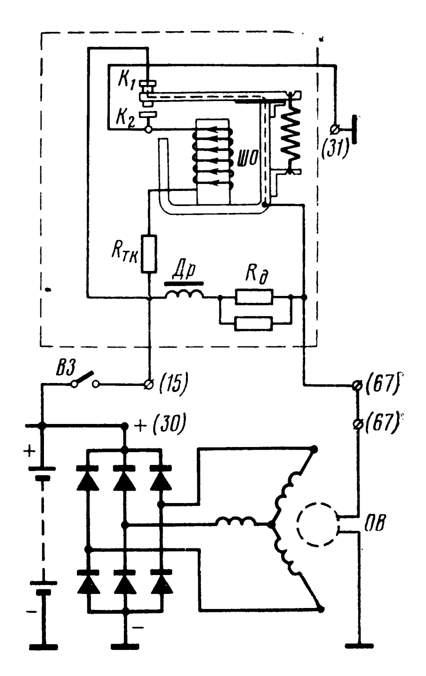


Рис. 70. Электрическая схема соединений регулятора напряжения РР380: *(15), (67), (30), (31)* — выводные клеммы; K_1 — верхняя пара контактов; K_2 — нижняя пара контактов; *ШО* — шунтовая обмотка регулятора напряжения; $R_д$ — добавочные сопротивления; $Д_р$ — дроссель; $R_{тк}$ — сопротивление температурной компенсации; *ОВ* — обмотка возбуждения генератора

Работа регулятора напряжения. При включении зажигания контакты *ВЗ* (рис. 70) замыкаются и в цепи обмотки возбуждения под действием напряжения аккумуляторной батареи возникает ток, замыкающийся по пути: клемма «+» аккумуляторной батареи — контакты *ВЗ* — клемма *(15)* регулятора напряжения — нормально замкнутая верхняя контактная пара K_1 (первой ступени регулятора) — якорек регулятора напряжения — ярмо регулятора напряжения — клемма *(67)* регулятора напряжения — клемма *(67)* генератора — обмотка возбуждения генератора — клемма «—» генератора — масса—клемма «—» аккумуляторной батареи.

В это же время в цепи шунтовой обмотки *ШО* регулятора напряжения возникает ток, замыкающийся по пути: клемма *(15)* регулятора напряжения — сопротивление термокомпенсации $R_{тк}$ — шунтовая обмотка *ШО* — клемма *(31)* — клемма «—» регулятора — масса — клемма «—» аккумуляторной батареи.

Величина переходных сопротивлений в цепи возбуждения генератора весьма мала, поэтому ток возбуждения равен максимальной величине, соответствующей напряжению аккумуляторной батареи, деленному на сопротивление обмотки возбуждения. Под действием тока возбуждения в генераторе возникает магнитный поток, который после пуска двигателя при вращении ротора генератора наводит в обмотках его статора э. д. с.

Если выпрямленное напряжение генератора меньше напряжения аккумуляторной батареи, то последняя разряжается на обмотку возбуждения током, равным примерно 2,6 *а*, а также на обмотку регулятора напряжения током, равным примерно 0,45 *а*. Если при увеличении скорости вращения выпрямленное напряжение превышает напряжение аккумуляторной батареи, то обмотка возбуждения *ОВ* генератора и шунтовая обмотка *ШО* регулятора будут питаться от клеммы *(15)* напряжением генератора. Путь тока будет таким же, как указано выше, но ток будет исходить не из клеммы «+», а из клеммы *(30)* генератора.

Процесс регулирования напряжения генератора при работе первой контактной пары K_1 (т. е. на первой ступени) аналогичен работе обычного одноступенчатого регулятора напряжения; но так как добавочное сопротивление в описываемом регуляторе имеет небольшую величину (5,5 *ома*), то предел регулирования напряжения на первой ступени по скорости вращения незначителен и не обеспечивает требуемого скоростного диапазона работы генератора.

Поэтому при увеличении скорости вращения ротора генератора выше некоторого среднего значения, когда напряжение генератора превысит регулируемую величину напряжения на первой ступени, равную 13,4÷14,0 *в* на 0,4÷0,7 *в*, магнитное притяжение якорька возрастет настолько, что якорек, преодолевая противодействующее усилие пружины, притянется к сердечнику еще ближе, так что контактная пара первой ступени K_1 останется разомкнутой, а контактная пара второй ступени K_2 замкнется. Это приведет к замыканию на массу обмотки возбуждения и к резкому уменьшению тока в ней почти до нуля, что в свою очередь вызовет уменьшение напряжения генератора. Магнитное притяжение якорька уменьшится, он отойдет вверх, и контакты K_2 разомкнутся, после чего процесс будет периодически повторяться. Таким образом на больших оборотах регулятор напряжения будет работать на второй ступени: периодически замыкаться и размыкаться будет нижняя пара контактов K_2, а верхняя пара контактов K_1 будет оставаться все время разомкнутой.

Для облегчения условий работы контактов первой ступени K_1 в регуляторе напряжения РР380 применен дроссель *Др*, включаемый последовательно с добавочным сопротивлением $R_д$. Дроссель представляет собой сердечник с разомкнутым магнитопроводом, на котором намотана обмотка из медного провода ∅ 0,55 *мм* с числом витков, равным 34; сопротивление дросселя равно 0,09 *ом*.

Для термокомпенсации в регуляторе напряжения РР380 применено термокомпенсирующее сопротивление $R_{тк}$ равное 11 *ом*, включенное последовательно с шунтовой обмоткой *ШО* регулятора напряжения, сопротивление которой равно примерно 9 *ом*. Одновременно для улучшения термокомпенсации регулятора

применена подвеска якорька на термобиметаллической пластине.

Механическая регулировка зазоров между контактами осуществляется перемещением контактных стоек с неподвижными контактами, положение которых фиксируется посредством затяжки крепящих винтов.

Основные параметры реле-регулятора РР380 приведены ранее в табл. 11 и 12.

§ 3. Транзисторные реле-регуляторы

Контактно-транзисторный реле-регулятор РР362 предназначен для работы с автомобильным генератором Г250 переменного тока напряжением 12 *в* и силой тока 40 *а,* со встроенными кремниевыми выпрямителями и его модификациями по однопроводной схеме с соединением клеммы «—» на массу в системе электрооборудования автомобилей.

Реле-регулятор РР362 состоит из собственно регулятора напряжения, в который входит вибрационный одноступенчатый регулятор напряжения *РН* (рис. 71) и усилитель на транзисторе *Т* и реле защиты *РЗ.*

Регулятор напряжения *РН* и реле защиты *РЗ* смонтированы на изоляционной панели. В отсеке, отделенном от электромагнитных элементов перегородкой, имеющейся на внутренней части крышки, расположены транзистор *Т* и два диода: запираю-

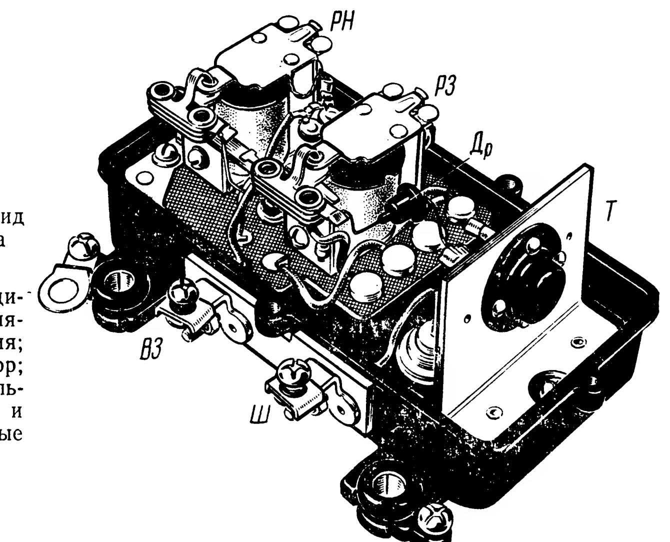


Рис. 71. Общий вид реле-регулятора РР362:

РЗ — реле защиты; *РН* — регулятор напряжения; *Т* — транзистор; *Д*р — разделительный диод; *Ш* и *ВЗ* — выводные клеммы

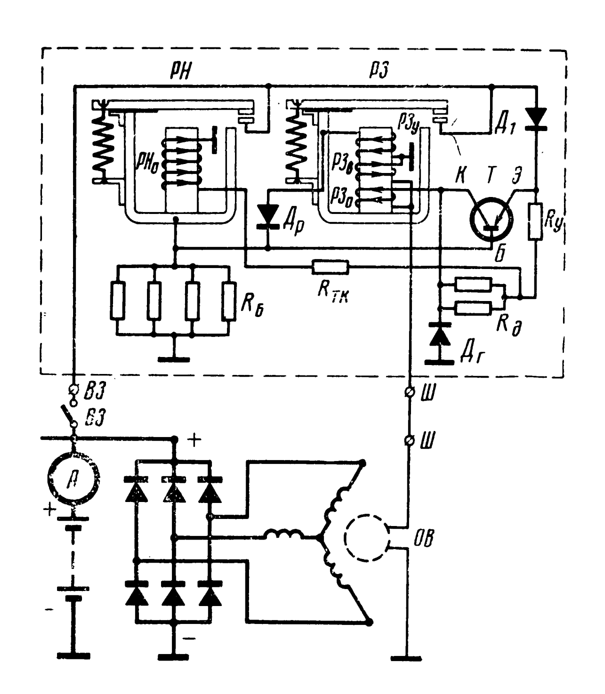


Рис. 72. Полумонтажная схема соединений реле-регулятора РР362:

РН — вибрационный регулятор напряжения; *РЗ* — реле защиты; *Т* — транзистор; $Д_г$ — гасящий диод; $Д_1$ — запирающий диод; $Д_р$ — разделительный диод; *Э, К, Б* — электроды транзистора: эмиттер, коллектор и база; $R_у$, $R_д$ — ускоряющее и добавочное сопротивления; $R_б$ — сопротивление базы транзистора; $РН_0$ — основная обмотка регулятора напряжения; $R_{тк}$ — сопротивление температурной компенсации; $РЗ_0$ — основная обмотка реле защиты; $РЗ_у$ — удерживающая обмотка реле защиты; $РЗ_в$ — вспомогательная обмотка реле защиты; *ОВ* — обмотка возбуждения генератора; *ВЗ* и *Ш* — выводные клеммы

щий $Д_1$ и гасящий $Д_г$ (см. рис. 72). В блоке электромагнитных элементов под панелью расположены сопротивления. Реле-регулятор имеет общую крышку из цинкового сплава, разделенную перегородкой на два отделения: для блока электромагнитных элементов и для блока полупроводниковых элементов. Блок электромагнитных элементов уплотнен специальной резиновой прокладкой для защиты от попадания пыли, грязи и т. д. В отделении блока полупроводниковых элементов для улучшения охлаждения в крышке сделаны отверстия.

Реле-регулятор имеет три выводные клеммы, предназначенные для соединения с клеммой *Ш* (шунт генератора), с клеммой *ВЗ* (выключатель зажигания) и клеммой *М* (масса генера-

тора). В схеме электрооборудования автомобилей реле-регулятор РР362 устанавливают с амперметром для контроля заряда и разряда аккумуляторной батареи.

Магнитные системы вибрационного регулятора напряжения *РН* и реле защиты *РЗ* (рис. 72) аналогичны магнитной системе описанных в § 2 реле включения. У вибрационного регулятора напряжения в отличие от регуляторов напряжения, описанных в § 2, контакты нормально разомкнутые, т. е. они при притяжении якорька к сердечнику замыкаются (а не размыкаются). Контакты у регулятора напряжения и реле защиты — серебряные.

Регулятор напряжения имеет только одну основную (шунтовую) обмотку $РН_0$, включенную по схеме ускоряющего сопротивления; добавочное сопротивление $R_д$ регулятора состоит из двух параллельно соединенных сопротивлений. Ускоряющее $R_у$ и добавочное $R_д$ сопротивления регулятора *РН* включены параллельно транзистору *Т* (между его эмиттерным *Э* и коллекторным *К* электродами). Термокомпенсация регулятора напряжения осуществляется сопротивлением $R_{тк}$ и подвеской якорька на термобиметаллической пластине (серьге). Сопротивления $R_{тк}$ и $R_у$ намотаны на алюминиевом каркасе, расположенном в нижней части панели.

Электромагнит вибрационного регулятора с противодействующей пружиной является измерительным узлом схемы регулятора, контакты которого, включенные между клеммой *ВЗ* (т. е. «+» генератора) и базой транзистора, управляют режимом работы транзистора, переводя его из режима «открыт» в режим «заперт». Таким образом, контакты регулятора разрывают лишь небольшой ток базы транзистора (не более 0,4 *а*), а коммутация, т. е. замыкание и размыкание цепи обмотки возбуждения с максимальным током, достигающим 3,5 *а*, осуществляется непосредственно транзистором. Сопротивление базы транзистора $R_б$ состоит из четырех параллельно соединенных сопротивлений.

Узел реле защиты, состоящий из электромагнитного реле защиты *РЗ* и разделительного диода $Д_р$, предназначен для защиты транзистора от коротких замыканий в цепи обмотки возбуждения генератора.

Реле защиты имеет три обмотки: основную (сериесную) обмотку $РЗ_0$, включенную последовательно в цепь возбуждения генератора, вспомогательную обмотку $РЗ_в$, включенную параллельно обмотке возбуждения генератора, и удерживающую обмотку $РЗ_у$. Нормально разомкнутые контакты реле защиты включены через разделительный диод $Д_р$ параллельно контактам регулятора напряжения.

На рис. 73 изображена развернутая электрическая схема реле-регулятора РР362, по которой удобнее просмотреть соединение элементов и прохождение тока по цепям схемы. В целях наиболее наглядного изображения электрических цепей эта

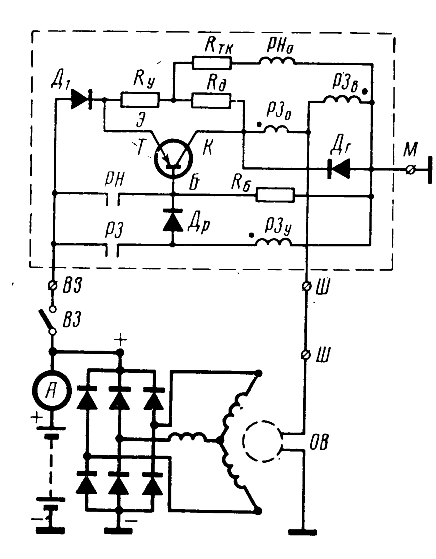


Рис. 73. Развернутая электрическая схема реле-регулятора РР362. Обозначения элементов те же, что и на рис. 72

схема выполнена так называемым разнесенным способом, т. е. элементы одного и того же аппарата (например, обмотки и контакты реле) располагаются в разных местах схемы и принадлежность их к данному аппарату указывают только одинаковым буквенным обозначением этих элементов. Точки, проставленные у конца обмотки, обозначают начало этих обмоток. Параллельно соединенные сопротивления на этой схеме изображаются одним общим сопротивлением.

Работа регулятора напряжения. При включении зажигания замыкаются клеммы *ВЗ* и реле-регулятор подключается к аккумуляторной батарее; при этом к эмиттерному переходу транзистора прикладывается напряжение в прямом направлении и через базу транзистора начинает протекать ток $I_б$ по контуру: клемма «+» аккумуляторной батареи — клемма *ВЗ* — запирающий диод $Д_1$ — эмиттер *Э* транзистора *Т*—*р*—*n*-переход транзистора — база *Б* транзистора *Т* — сопротивление базы $R_б$ — клемма масса «—» регулятора — «—» аккумуляторной батареи (см. рис. 74, *а*). При этом величина тока базы ограничивается сопротивлением базы $R_б$, равным 40 *ом*.

Так как потенциал эмиттера выше, чем потенциал базы, то при прохождении тока базы через переход эмиттер — база, происходит резкое уменьшение сопротивления между эмиттером и коллектором и транзистор переходит в режим «открыт», замыкая тем самым цепь обмотки возбуждения генератора.

Ток возбуждения генератора $I_в$ протекает по контуру: клемма «+» аккумуляторной батареи — клемма *ВЗ* — запирающий диод $Д_1$ — эмиттер *Э* транзистора *Т* — переход эмиттер — коллектор транзистора — коллектор *К* транзистора *Т* — основная обмотка $РЗ_о$ реле защиты — клемма *Ш* регулятора — клемма *Ш* генератора — изолированная щетка и кольцо, обмотка возбуждения *ОВ* генератора — кольцо и массовая щетка генератора — клемма «—» генератора — «—» аккумуляторной батареи. Одновременно по обмотке $РН_о$ регулятора напряжения протекает ток $I_{рн}$, замыкающийся по контуру: клемма «+» аккумуляторной батареи — клемма *ВЗ* — запирающий диод $Д_1$ — ускоряющее сопротивление $R_у$ — сопротивление температурной термокомпенсации $R_{тк}$ — основная обмотка $РН_о$ регулятора на-

пряжения — клемма «—» регулятора — «—» аккумуляторной батареи. Описанные выше пути тока при открытом состоянии транзистора показаны на рис. 74, *а* стрелками.

Величины сопротивлений в цепи обмотки возбуждения очень малы (не превышают 0,7—0,8 *ом*), поэтому ток возбуждения равен максимальной величине. Под действием тока возбуждения в магнитной цепи генератора возникает магнитный поток, который после пуска двигателя при вращении ротора генератора наводит в его фазных обмотках э. д. с., выпрямляемые выпрямительным устройством.

Если выпрямленное напряжение генератора меньше напряжения аккумуляторной батареи, то аккумуляторная батарея разряжается на обмотку возбуждения генератора и обмотку реле-регулятора, как указано выше. Если же при увеличении скорости вращения ротора генератора выпрямленное напряжение увеличивается и превышает напряжение аккумуляторной батареи, то обмотка возбуждения и реле-регулятор будут находиться под действием напряжения генератора и в описанном выше прохождении тока вместо клемм «+» и «—» аккумуляторной батареи следует читать «+» и «—» генератора. Пока выпрямленное напряжение генератора меньше установленной величины, контакты *РН* регулятора напряжения остаются в разомкнутом состоянии. При увеличении выпрямленного напряжения возрастет сила тока в обмотке PH_0 регулятора напряжения, увеличивается намагничивающая сила и магнитный поток этой обмотки и, следовательно, возрастает магнитное усилие, действующее на якорек регулятора напряжения. Когда величина выпрямленного напряжения достигнет 13,8—14,6 *в*, якорек регулятора под действием магнитного усилия притягивается к сердечнику и контакты *РН* замыкаются. При этом происходит запирание транзистора, так как его база через замкнутые контакты *РН* и клемму *ВЗ* соединяется с клеммой «+» генератора и аккуму-

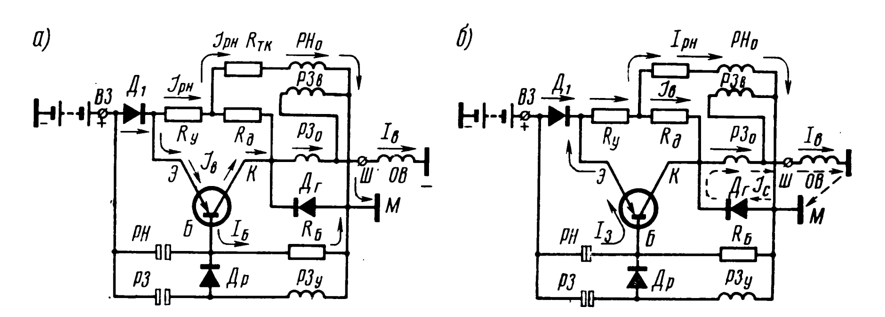


Рис. 74. Прохождение токов в схеме реле-регулятора РР362:
а — при разомкнутых контактах регулятора напряжения, соответствующих режиму транзистора «открыт»; *б* — при замкнутых контактах регулятора напряжения, соответствующих режиму транзистора «заперт»

ляторной батареи (см. рис. 73 и 74, *б*). Потенциал эмиттера в этот момент будет ниже потенциала базы (т. е. потенциала клеммы «+») на величину падения напряжения на запирающем диоде $Д_1$, обусловленного протеканием тока через диод (см. рис. 74, *б*).

Под действием разности потенциалов через переход база — эмиттер транзистора проходит незначительный запирающий (обратный) ток $I_з$, обеспечивающий надежное запирание транзистора при повышении температуры окружающей регулятор среды.

При запирании транзистора сопротивление перехода эмиттер — коллектор резко возрастает и вследствие этого значительно снижается ток возбуждения генератора, замыкающийся теперь по контуру (рис. 74, *б*): клемма «+» генератора — клемма *ВЗ* — запирающий диод $Д_1$ — ускоряющее сопротивление $R_у$ — добавочное сопротивление $R_д$ — основная обмотка $РЗ_о$ реле защиты — клеммы *Ш* регулятора и генератора — обмотка возбуждения *ОВ* генератора — клемма «—» генератора. Вследствие уменьшения тока возбуждения напряжение генератора также понизится.

При понижении напряжения генератора уменьшается сила тока, намагничивающая сила, магнитный поток и магнитное усилие регулятора напряжения; в результате под действием пружины якорька контакты *РН* регулятора напряжения разомкнутся и напряжение генератора вновь повысится до регулируемой величины. Описанный процесс повторяется периодически, и таким образом напряжение генератора поддерживается в заданных пределах. Повышение частоты размыкания контактов регулятора напряжения *РН* обеспечивается включением обмотки $РН_о$ регулятора по схеме ускоряющего сопротивления.

В момент замыкания контактов *РН* регулятора напряжения из-за резкого снижения тока возбуждения в обмотке возбуждения генератора индуктируется э. д. с. самоиндукции, под действием которой возникает ток самоиндукции $I_с$ (изображен на рис. 74, *б* пунктирными стрелками), замыкающийся по контуру: клемма *Ш* обмотки возбуждения — обмотка возбуждения — клемма «—» — гасящий диод $Д_г$ — обмотка $РЗ_о$ — клемма *Ш* регулятора — клемма *Ш* генератора. Этим самым снижается перенапряжение на регулирующем элементе, опасное для транзистора.

В остальном процесс регулирования аналогичен процессу регулирования напряжения посредством вибрационных регуляторов, описанных выше.

Работа реле защиты. Основная (последовательная) обмотка $РЗ_о$ и вспомогательная (шунтовая) обмотка $РЗ_в$ реле защиты включены навстречу (см. рис. 72). При нормальной работе регулятора напряжения через обмотку $РЗ_о$ протекает ток возбуждения генератора, а через обмотку $РЗ_в$ протекает ток,

обусловленный величиной напряжения на клемме *Ш* регулятора и сопротивления обмотки $РЗ_в$ (см. рис. 73).

Магнитные потоки этих двух обмоток направлены навстречу друг другу, поэтому суммарный магнитный поток сердечника реле защиты, а следовательно, и магнитное усилие притяжения якорька малы, и поэтому под действием пружины якорька контакты реле защиты остаются разомкнутыми. В этом случае через удерживающую обмотку $РЗ_у$ реле защиты ток не протекает, так как этому препятствует очень высокое обратное сопротивление разделительного диода $Д_р$.

При случайном или преднамеренном замыкании клеммы *Ш* реле-регулятора или клеммы *Ш* генератора на массу резко увеличивается сила тока в цепи основной обмотки $РЗ_о$ реле защиты, а ток во вспомогательной обмотке $РЗ_в$ падает до нуля, так как оба конца последней соединяются накоротко на массу. При этом значительно возрастает магнитный поток в сердечнике реле защиты, магнитное усилие притягивает якорек к сердечнику и контакты *РЗ* замыкаются.

В этот момент база транзистора через разделительный диод $Д_р$, контакты *РЗ* и клемму *ВЗ* соединяется с клеммами «+» генератора и аккумуляторной батареи и ее потенциал становится выше, чем потенциал эмиттера. Сопротивление на переходе эмиттер — коллектор резко увеличивается: транзистор запирается и напряжение генератора, а следовательно, и ток короткого замыкания значительно снижаются.

При замкнутых контактах реле защиты *РЗ* удерживающая обмотка $РЗ_у$ реле защиты включается на полное напряжение сети и в ней возникает ток, создающий магнитный поток, совпадающий с направлением магнитного потока основной (сериесной) обмотки $РЗ_о$ реле защиты. Магнитное усилие, притягивающее якорек, еще больше возрастет, что будет способствовать сохранению замкнутого состояния контактов реле защиты *РЗ*.

При замыкании цепи обмотки возбуждения на массу ток возбуждения, а следовательно, магнитный поток генератора весьма малы и напряжение и ток генератора резко падают.

Транзистор будет заперт до тех пор, пока не будет устранено короткое замыкание в цепи возбуждения генератора на массу и включена цепь.

При устранении короткого замыкания во вспомогательной обмотке $РЗ_в$ возникает ток, а ток в обмотке $РЗ_о$ уменьшается до обычного значения; магнитный поток в сердечнике реле защиты уменьшается и под действием пружины якорька контакты реле защиты размыкаются. В это время ток в удерживающей обмотке уменьшается до нуля, и таким образом обеспечивается нормальная работа регулятора напряжения.

Реле защиты должно замыкаться при силе тока в основной обмотке $РЗ_о$, равной $3{,}2 \div 3{,}6$ *а*.

Таблица 13

Параметры контактно-транзисторных реле-регуляторов

Параметры	Типы реле-регуляторов	
	РР362	РР385-А
Номинальное напряжение, *в*	12	12
Регулируемое напряжение при температуре реле-регулятора и окружающей среды +20° С	13,8—14,6	13,3—14,1
Регулировка напряжения производится:		
при токе нагрузки, *а*	14	14
» скорости вращения, *об/мин*	3000±150	3000±150
Ток срабатывания реле защиты, *а*	3,2—3,6	3,2—3,6
Зазор между якорьком и сердечником регулятора напряжения при разомкнутых контактах, *мм*	1,4—1,5	1,4—1,5
Зазор между контактами регулятора и реле защиты, *мм*	0,2—0,3	0,2—0,3
Зазор между якорьком и сердечником реле защиты, *мм*	0,7—0,8	0,7—0,8

Основные параметры и обмоточные данные реле-регулятора РР362 приведены в табл. 13 и 14.

Контактно-транзисторный реле-регулятор РР385-Б предназначен для работы с тракторным генератором переменного тока Г285 напряжением 12 *в* и силой тока 80 *а,* работающим в комплекте с селеновым выпрямителем В150 по однопроводной схеме, с соединением клеммы «—» на массу в системе электрооборудования тракторов К-700.

Реле-регулятор РР385 по конструкции регулятора в целом и по отдельным узлам, а также по электрической схеме соединений аналогичен реле-регулятору РР362 и отличается от него наличием выключателя *З* для посезонного изменения регулируемого напряжения в условиях зимней и летней эксплуатации (рис. 75), замыкающего накоротко часть витков основной обмотки PH_0 регулятора напряжения.

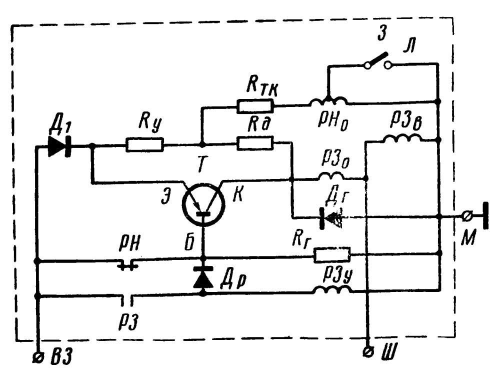


Рис. 75. Электрическая схема соединений реле-регулятора РР385-Б

Бесконтактный транзисторный регулятор напряжения РР350 (рис. 76 и 77) предназначен для

Таблица 14

Параметры элементов контактно-транзисторных реле-регуляторов

Тип реле-регулятора	Обмотки сопротивления, диоды	Марка, тип	Диаметр провода, *мм*	Число витков	Сопротивление, *ом*
РР362	Основная обмотка регулятора напряжения PH_0	ПЭВ-2	0,29	1240±10	17±0,9
	Основная (сериесная) обмотка реле защиты $PЗ_0$	ПЭВ-2	0,72	75+1	Очень мало
	Удерживающая обмотка $PЗ_у$	ПЭВ-2 ПЭК	0,17 0,25	1050±10 45—55	30±2 50±3,5
	Вспомогательная обмотка $PЗ_в$	ПЭВ-2 ПЭК	0,17 0,25	1170±10 40—50	64 ±4 95±7
	Ускоряющее сопротивление	ПЭК или ПЭВКМ-2	0,3 0,3	—	4,5±0,3
	Термокомпенсационное сопротивление	ПЭК ГАВКМ-2	0,3 0,3	—	15±1
	Добавочное сопротивление	МЛТ-1 2 шт. по 120 *ом* (включены параллельно)		—	60±10%
	Сопротивление в цепи базы	МЛТ-1 (по 3000 *ом*) и МЛТ-2 (по 120 *ом*) (включены параллельно)			40±5%
	Запирающий диод $Д_1$	Д242	—	—	—
	Гасящий диод $Д_г$	Д242	—	—	—
	Разделительный диод $Д_р$	Д7-Б	—	—	—
	Транзистор	П4-Б	—	—	—
РР385-Б *	Шунтирующее сопротивление $R_ш$ (намотано на специальном каркасе-барабанчике, на котором намотаны $R_у$ и $R_{тк}$)	ПЭВКМ-2	0,3	—	1,8±0,15

* Остальные параметры РР385-Б аналогичны параметрам РР362.

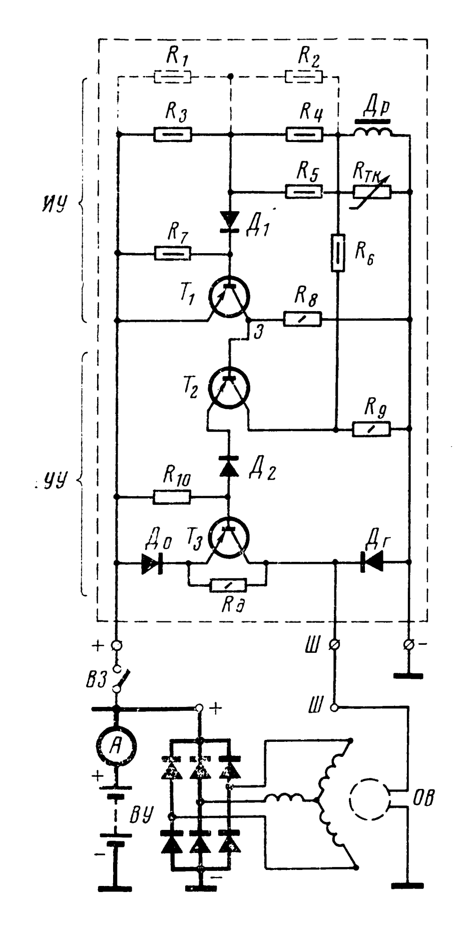


Рис. 76. Электрическая схема соединения регулятора напряжения РР350 в системе электрооборудования с генератором переменного тока

работы с автомобильным генератором Г250-Е1 переменного тока напряжением 12 *в* и силой тока 40 *а* по однопроводной схеме с соединением клеммы «—» на массу в системе электрооборудования автомобилей.

В регулятор напряжения входят следующие основные узлы: измерительный (чувствительное устройство) *ИУ* и усилительный *УУ* (рис. 76).

Измерительное устройство предназначено для сравнения фактического напряжения генератора с заданным, требующимся по условиям эксплуатации напряжением; в него входят: сопротивления потенциометра (делителя напряжения) R_1, R_2 R_3, R_4, R_5, $R_{тк}$ и дроссель $Д_р$; стабилитрон или опорный диод $Д_1$ типа Д808; транзистор T_1 с сопротивлениями R_7 и R_8.

В усилительное устройство, предназначенное для усиления сигналов измерительного устройства и регулирования тока возбуждения генератора, входят: транзисторы T_2 и T_3, сопротивления R_9 и R_{10}, диод $Д_2$, диод обратной связи $Д_о$ и шунтирующее транзистор добавочное сопротивление $R_д$.

В схему регулятора входят также: диод $Д_г$, включенный параллельно обмотке возбуждения генератора и защищающий транзистор T_3 от перенапряжений, и элемент обратной связи — сопротивление R_6, предназначенные для улучшения характеристик регулятора.

Все элементы регулятора размещены в металлическом корпусе (основании), закрытом специальной крышкой.

Штекерный разъем предназначен для соединения регулятора с выключателем зажигания *ВЗ*, клеммой генератора *Ш* и с массой генератора и аккумуляторной батареи.

Применение штекерного разъема в регуляторе напряжения РР350 обусловлено необходимостью защиты транзисторов от коротких замыканий цепи обмотки возбуждения на массу. В этом случае, в отличие от соединений посредством обычных винтовых клемм, исключается возможность крайне нежелательного для транзисторного регулятора касания проводом *Ш* на массу (так называемой в эксплуатации проверки исправности генератора «на искру»).

Работа регулятора напряжения. При включении зажигания выключатель *ВЗ* замыкается и регулятор и цепь обмотки возбуждения генератора включаются на напряжение аккумуляторной батареи.

Через элементы делителя напряжения начинает проходить ток. Через стабилитрон $Д_1$ проходят ток, замыкающийся по контуру: клемма «+» аккумуляторной батареи — выключатель *ВЗ* регулятора — сопротивление R_7 — стабилитрон $Д_1$ (в обратном направлении) — две параллельные ветви, состоящие из сопротивления R_4 с последовательно включенным с ним дросселем *Др,* и сопротивления R_5 с последовательно соединенным с ним сопротивлением температурной компенсации $R_{тк}$ — клемма «—» регулятора — клемма «—» аккумуляторной батареи.

Падение напряжения, возникающее на стабилитроне $Д_1$ под действием этого весьма малого тока, меньше напряжения стабилизации, и поэтому пробоя стабилитрона в обратном направлении не происходит. Падение напряжения на сопротивлении R_7, равном 300 *ом,* ввиду малой величины тока также незначительно, и поэтому потенциалы базы и эмиттера транзистора T_1 практически равны и ток эмиттер — база (необходимый для открывания транзистора) весьма мал.

Вследствие этого транзистор T_1 находится в состоянии «заперт». Сопротивление транзистора T_1, а следовательно, напряжение между его эмиттером и коллектором велико, что приводит к появлению на базе транзистора T_2 отрицательного сме-

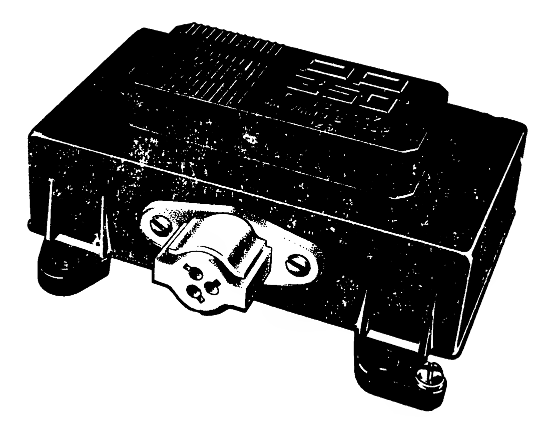


Рис. 77. Общий вид бесконтактного транзисторного регулятора напряжения РР350

щения, открывающего транзистор T_2. При этом под действием тока эмиттер — база и эмиттер — коллектор открытого транзистора T_2 создается падение напряжения на сопротивления R_{10} и потенциал базы транзистора T_3 становится значительно меньше потенциала его эмиттера. Возникает ток эмиттер — база в цепи транзистора T_3, и транзистор открывается. В результате через цепь обмотки возбуждения генератора протекает ток, замыкающийся по контуру: клемма «+» аккумуляторной батареи — выключатель *ВЗ* — клемма «+» регулятора — диод обратной связи $Д_0$ — электроды эмиттер и коллектор транзистора T_3 — клемма *Ш* регулятора — клемма *Ш* генератора — обмотка возбуждения *ОВ* генератора — клемма «—» генератора — клемма «—» аккумуляторной батареи.

Падение напряжения на «открытом» транзисторе T_3 незначительно (около 2 *в*), и ток возбуждения генератора, определяемый напряжением аккумуляторной батареи и сопротивлением цепи обмотки возбуждения, равен максимальной величине.

Под действием тока возбуждения генератор возбуждается и после пуска двигателя при вращении ротора в фазных обмотках генератора наводятся э. д. с., которые выпрямляются посредством выпрямительного устройства *ВУ*.

Если выпрямленное напряжение генератора меньше, чем напряжение аккумуляторной батареи, то последняя разряжается током, равным примерно 2,5—3,0 *а*, определяемым в основном током возбуждения генератора, так как регулятор потребляет весьма небольшой ток.

Если с увеличением скорости вращения выпрямленное напряжение увеличивается, то обмотка возбуждения генератора и регулятор напряжения будут питаться от генератора. При этом если напряжение генератора меньше установленной величины, то транзистор T_3 будет оставаться в состоянии «открыт».

В случае когда напряжение генератора повышается до 13,2—14,5 *в*, обратное напряжение, приложенное к стабилитрону, достигает величины 7—8 *в*, т. е. напряжения стабилизации и стабилитрон $Д_1$ пробивается. Это означает, что сопротивление стабилитрона резко снижается, а текущий через него ток увеличивается. В результате возрастает падение напряжения на сопротивлении R_7, потенциал базы транзистора T_1 резко уменьшается по сравнению с потенциалом его эмиттера, и транзистор T_1 открывается, его сопротивление эмиттер — коллектор резко уменьшается, а ток текущий через сопротивление R_8 увеличивается. В результате резко возрастает падение напряжения в сопротивлении R_8, потенциал базы транзистора T_2 увеличивается, разность потенциалов эмиттера и базы транзистора T_2 уменьшается и транзистор запирается. Это в свою очередь приводит к запиранию транзистора T_3, так как весьма малый ток, текущий через сопротивление R_{10},

диод $Д_2$, запертый транзистор T_2 и сопротивление R_9, создает незначительное падение напряжения в сопротивлении R_{10}, вследствие чего потенциал базы транзистора T_3 становится почти равным потенциалу его эмиттера.

Вследствие запирания транзистора T_3 его сопротивление эмиттер—коллектор, входящее в цепь обмотки возбуждения, резко увеличивается, ток обмотки возбуждения, замыкающийся теперь в основном через добавочное сопротивление $R_д$, шунтирующее транзистор T_3, уменьшается и напряжение генератора также снижается.

При понижении напряжения ниже регулируемой величины обратное сопротивление стабилитрона $Д_1$ уменьшается и стабилитрон восстанавливает свое запирающее действие. Это приводит к уменьшению тока, текущего через сопротивление R_7, а следовательно, к уменьшению падения напряжения в этом сопротивлении и уменьшению разности потенциалов эмиттер — база транзистора T_1, что приводит к его запиранию. В результате транзисторы T_2 и T_3 вновь переходят в состояние «открыт» и ток возбуждения генератора вновь начинает увеличиваться. При этом также увеличивается напряжение генератора до тех пор, пока оно не достигнет установленной величины и не вызовет вновь пробой стабилитрона $Д_1$.

Описанный процесс повторяется периодически и таким образом напряжение генератора поддерживается постоянным в заданных пределах регулирования 13,2—14,5 *в*.

Транзисторы регулятора напряжения работают в ключевом режиме, т. е. переходят из состояния «открыт» в состояние «закрыт» и, поэтому из-за резкого уменьшения тока в обмотке возбуждения генератора в ней индуктируется э. д. с. самоиндукции. Для защиты транзистора от пробоя действием этой э. д. с. самоиндукции в схеме применен гасящий диод $Д_г$, включенный параллельно обмотке возбуждения генератора.

Для уменьшения влияния температуры на величину регулируемого напряжения в одно из плеч делителя напряжения измерительного устройства включен терморезистор $R_{тк}$ типа ММТ-1. Терморезистор представляет собой стержень из полупроводникового материала (смеси окислов меди, марганца и др.), на концы которого напрессованы металлические колпачки с проволочными выводами, при помощи которых терморезистор припаивают к схеме.

Сопротивление терморезистора сильно зависит от температуры, причем он имеет отрицательный температурный коэффициент. Так, например, при изменении температуры от 0 до 100°С, сопротивление терморезистора уменьшается в 20—70 раз; сопротивление же резистора, изготовленного из медного провода, в этом же интервале температур увеличивается примерно на 40%.

Действие терморезистора на величину регулируемого напряжения заключается в следующем. При увеличении температуры напряжение стабилизации, т. е. напряжение пробоя стабилитрона $Д_1$, увеличивается, следовательно, пропорционально ему увеличивается также регулируемое напряжение. Однако при повышении температуры сопротивление терморезистора $R_{тк}$ уменьшается, а вместе с ним уменьшается суммарное сопротивление плеча делителя, состоящее из сопротивлений R_4, R_5 и $R_{тк}$. В результате обратное напряжение на стабилитроне увеличивается и пробой его произойдет при меньшем значении регулируемого напряжения. Таким образом описанные два эффекта компенсируют друг друга и с увеличением температуры регулируемое напряжение будет оставаться неизменным.

Сопротивления R_1 и R_2 являются подстроечными и служат для подрегулировки напряжения, поддерживаемого регулятором.

Основные параметры элементов схемы регулятора напряжения РР350 приведены в табл. 15. Регулятор напряжения РР350 обеспечивает постоянство регулируемого напряжения генерато-

Таблица 15

Параметры элементов схемы бесконтактного транзисторного регулятора напряжения РР350

Элементы	Тип	Сопротивление, *ом*
Сопротивления (резисторы)	МЛТ-0,5	
	МЛТ-0,5	220±5%
	МЛТ-0,5	100±5%
	МЛТ-0,5	390±5%
	МЛТ-0,5	5000±5%
	МЛТ-0,5	300±10%
	МЛТ-1	470±5%
	МЛТ-2 (3 шт. включены параллельно)	82±5%
	МЛТ-0,25—51 *ом* (3 шт. включены параллельно)	17±5%
	МЛТ-1	220±10%
	ММТ-1-1к	—
Диоды:		
$Д_1$ — кремниевый стабилитрон	Д808	—
$Д_2$ — диод кремниевый сплавной	КД202-Г	—
$Д_0$ — » » »	КД-220-В	—
$Д_г$ — » » »	КД202-В	—
Транзисторы:		
T_1 — кремниевый сплавной	П302	—
T_2 — германиевый »	П214-В	—
T_3 — » »	П217	—
Др — дроссель		

ра Г250-Е1 в пределах 13,2—14,6 *в* при изменении скорости вращения ротора генератора от 2500 до 10500 *об/мин,* тока нагрузки от минимального значения до 28 *а* и более и температуры окружающей среды от —40 до +65°С (при любых сочетаниях указанных выше эксплуатационных факторов).

§ 4. Реле контроля заряда аккумуляторных батарей

Для контроля зарядного тока аккумуляторной батареи во время движения автомобиля в установках с генераторами переменного тока применяют амперметр или контрольную лампу.

Амперметр. Амперметр включают последовательно с аккумуляторной батареей таким образом, чтобы через него проходил только зарядный или разрядный ток батареи (за исключением тока мощных потребителей электроэнергии кратковременного действия: стартера, звуковых сигналов, часов, прикуривателя).

Схема включения амперметра в случае применения генераторов переменного тока аналогична схемам с генераторами постоянного тока и приведена на рис. 1, 2, 60, 63 и др.

Контрольная лампа. Вследствие запирающего действия выпрямительного устройства в установках с генераторами переменного тока отпадает необходимость применения реле обратного тока, параллельно контактам которого включают контрольную лампу в схемах с генераторами постоянного тока. Для того чтобы судить об исправности генераторной установки переменного тока и о наличии зарядного тока, контрольную лампу можно включать на стороне переменного тока генератора. Однако контрольная лампа должна гаснуть во время езды и загораться лишь в тот момент, когда напряжение генератора недостаточно для обеспечения заряда батареи. Если же во время езды контрольная лампа продолжает гореть, то это должно указывать на неисправность генераторной установки. Непосредственное же включение контрольной лампы на клеммы аккумуляторной батареи во время движения и на стоянках при неработающем двигателе давало бы «обратные» сигналы, что безусловно недопустимо.

Поэтому в установках с генератором переменного тока используют специальные реле контроля заряда, схемы соединений которых с фазами генератора приведены ниже.

Реле контроля заряда аккумуляторной батареи автомобиля ВАЗ-2101.

Реле (рис. 78) состоит из стального сердечника с расположенной на нем обмоткой и якорька с нормально замкнутой парой контактов. Реле закреплено на основании и защищено металлической крышкой.

Реле контроля имеет четыре клеммы, к одной из которых *(30/51)* подключают контрольную лампочку *КЛ,* а две другие

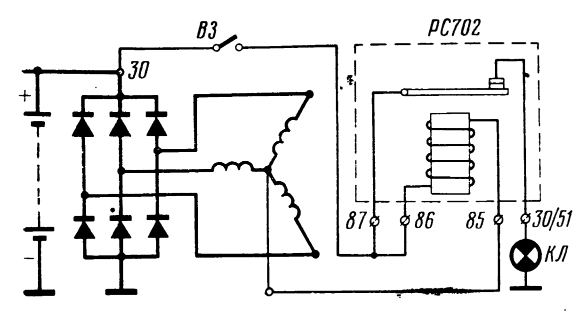


Рис. 78. Электрическая схема соединений реле РС702 контроля заряда аккумуляторной батареи автомобиля ВАЗ-2101: *ВЗ* — выключатель зажигания; *КЛ* — контрольная лампа; *30/51, 85, 86, 87* — обозначения выводных клемм

(86 и *87)* соединяют с клеммой выключателя зажигания *ВЗ*; клемму *85* соединяют с нулевой точкой фазных обмоток генератора.

Устройство для контроля заряда работает следующим образом. При включении выключателя зажигания *ВЗ* контрольная лампочка загорается и через нее протекает ток, замыкающийся по контуру: клемма «+» аккумуляторной батареи — выключатель *ВЗ* — клемма 87 — якорек реле — нормально замкнутые контакты реле — контрольная лампочка — клемма «—» аккумуляторной батареи. Лампочка таким образом подключается на напряжение аккумуляторной батареи и горит с нормальным накалом.

Ток в обмотке реле в это время равен нулю, так как его протеканию препятствует очень высокое обратное сопротивление кремниевых вентилей отрицательной полярности, соединенных с «массой».

При работе генератора в его фазах наводятся э. д. с., которые выпрямляются посредством силовых вентилей. Обмотка реле, включенная между положительной клеммой *30* генератора и нулевой точкой обмоток статора, оказывается под выпрямленным фазным напряжением, равным 6—7 *в* (при выпрямленном напряжении на клеммах *30* и «—» генератора, равном 13,8—14,5 *в*).

При увеличении напряжения на обмотке реле выше указанной величины увеличивается намагничивающая сила обмотки и магнитный поток сердечника реле. В результате этого магнитная сила, притягивающая якорек к сердечнику, преодолевает противодействующую силу пружины, контакты реле размыкаются и контрольная лампочка гаснет.

Лампочка остается выключенной в течение всего времени работы генератора. Если при работающем генераторе контрольная лампочка загорается, то это сигнализирует водителю о том, что напряжение генератора стало ниже нормального и в генераторной установке имеется неисправность, которую необходимо устранить.

Таким образом, контрольная лампочка должна гаснуть во время движения автомобиля с исправной генераторной установ-

кой и загораться на остановках при выключенном двигателе или при работе на минимальных оборотах, когда генератор не развивает достаточного напряжения.

Реле контроля заряда имеет следующие основные данные:

Число витков обмотки	1500
Марка провода	ПЭВ
Диаметр проволоки, *мм*	0,22
Сопротивление обмотки, *ом*	29±2
Напряжение размыкания контактов, *в* . .	5,5±0,2
Напряжение замыкания контактов, *в* . .	3,5±0,5

Реле блокировки РБ1. Реле блокировки стартера (рис. 79) предназначено для автоматической блокировки стартера и управления лампочкой контроля заряда аккумуляторной батареи в системе электрооборудования автомобилей ЗАЗ-965 «Запорожец» и др.

Реле блокировки РБ1 состоит из двух основных узлов: реле с двумя обмотками и нормально замкнутой контактной парой и выпрямительного устройства *ВУ* для питания шунтовой (основной) обмотки реле от переменного напряжения генератора. Реле и выпрямительное устройство расположены на одном основании и защищены от механических повреждений и попаданий грязи крышкой. В РБ1 используется серийное электромагнитное реле, аналогичное применяемым в регуляторах напряжения.

Шунтовая обмотка *ШО* изолирована от массы и подсоединена непосредственно на клеммы источника постоянного напря-

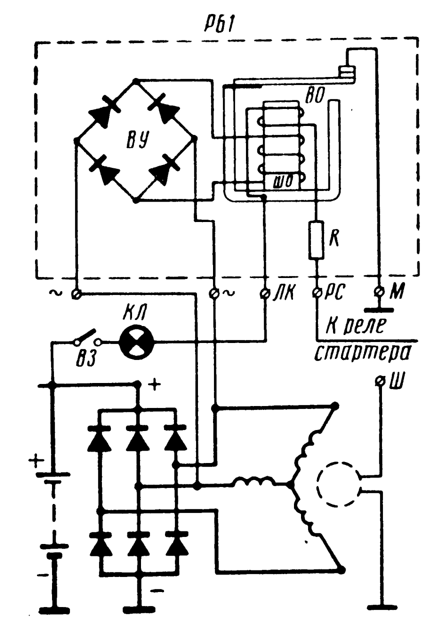


Рис. 79. Электрическая схема соединений реле блокировки РБ1 стартера автомобиля ЗАЗ-965 «Запорожец»: *ВЗ* — выключатель зажигания; *КЛ* — контрольная лампа; *ВУ* — выпрямительное устройство; *ШО* — шунтовая обмотка реле; *ВО* — вспомогательная обмотка реле; *R* — сопротивление; *Ш, ЛК, РС, М* — обозначения выводных клемм

жения — выпрямителя, состоящего из четырех германиевых вентилей, включенных по схеме однофазного выпрямительного моста.

Вспомогательная обмотка *ВО* одним концом соединена с подвижным контактом реле, а другим — через добавочное сопротивление *R* — с клеммой *РС* реле стартера, соединенной с аккумуляторной батареей через клемму *СТ* выключателя зажигания (не показанную на рисунке).

Контрольная лампочка *КЛ* подсоединена одним выводом к выключателю зажигания *ВЗ*, а другим — к клемме *ЛК* реле блокировки.

Работа реле РБ1. При включении выключателя *ВЗ* контрольная лампочка горит полным накалом, а ток лампочки замыкается по контуру: клемма «+» аккумуляторной батареи — контакты *ВЗ* выключателя зажигания — контрольная лампочка *КЛ* — клемма *ЛК* реле — нормально замкнутые контакты реле — клемма *М* — масса — клемма «—» аккумуляторной батареи.

Если после включения выключателя зажигания *ВЗ* не происходит включения стартера, то генератор не работает и в его обмотках не возникает э. д. с., контакты реле остаются замкнутыми и лампочка продолжает гореть полным накалом, сигнализируя о том, что генератор не работает и имеет место разряд аккумуляторной батареи на контрольные приборы, приборы зажигания, обмотку возбуждения генератора и другие включенные потребители электроэнергии.

В этом положении контактов реле обеспечивается возможность включения цепи питания стартера, которое обычно осуществляется поворотом ключа зажигания в крайнее правое положение.

После пуска двигателя генератор возбуждается, в его обмотках возникает напряжение переменного тока, выпрямляемое выпрямительным устройством *ВУ;* под действием выпрямленного напряжения создается ток в шунтовой обмотке реле. При увеличении линейного напряжения переменного тока до 9—10 *в* (эффективное значение напряжения, замеряемое вольтметром электромагнитной системы на клеммах переменного тока генератора) под действием намагничивающей силы шунтовой обмотки реле и возникающего при этом магнитного усилия контакты реле размыкаются. В этот момент цепь контрольной лампы *КЛ* разрывается и она гаснет, что свидетельствует о нормальной работе генератора.

При разомкнутых контактах реле, размыкается также цепь реле включения стартера (на рис. 79 не показана) и тем самым исключается возможность крайне нежелательного включения стартера при работающем двигателе.

Вспомогательная обмотка *ВО* служит для исключения дребезжания контактов при срабатывании и отпускании якорька и

снижения коэффициента возврата реле, что необходимо для более четкой работы системы блокировки.

Напряжение выключения реле равно примерно 6 *в*. Шунтовая обмотка реле блокировки РБ1 намотана медным проводом марки ПЭВ-2, ∅ 0,19 *мм* с числом витков 2800±10. Сопротивление обмотки при температуре окружающей среды 20°С равно 81±6 *ом*.

Вспомогательная обмотка *ВО*, состоящая из 90±1 витков, намотана проводом марки ПЭВ ∅ 0,41 *мм*. Зазор между якорем и сердечником при замкнутых контактах реле равен 0,35—0,45 *мм*.

Добавочное сопротивление *R*, равное 30±2,4 *ом*, намотано из проволоки М-Х15Н60 на шнур из стекловолокна, пропитанного кремнийорганическим лаком.

Глава V

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

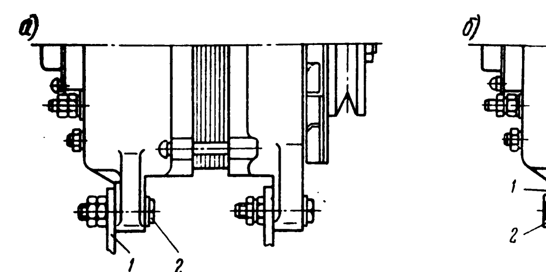
§ 1. Порядок технического обслуживания

Техническое обслуживание генераторной установки переменного тока осуществляют при выполнении технического обслуживания автомобиля. Оно состоит из первого технического обслуживания ТО-1 и второго ТО-2.

При ТО-1 проверяют установку генератора на двигателе и натяжение приводного ремня. Генератор на двигателе должен быть установлен таким образом, чтобы зазора между кронштейном двигателя и плоскостями лап генератора не было. Болты крепления должны быть надежно затянуты и предохранены от самоотвертывания контргайками или пружинными шайбами. При необходимости выборки зазора применяют регулировочные втулки. Применение для крепления генератора болтов меньших по диаметру, чем требуется, недопустимо. При подобной установке неизбежен перекос ремня, его износ, а также разбивание отверстий в лапах генератора. Оси профиля ручьев шкива генератора и шкива двигателя должны совпадать. Несовпадение осей не должно превышать 1 *мм*. Приведем несколько примеров крепления генераторов на двигателях.

Генераторы Г250-А1 на двигателях ГАЗ устанавливают на стальной кронштейн *1* (рис. 80, *а*) и крепят двумя болтами *2*. Зазор между лапами генератора и кронштейнами при необходимости выбирают стальными шайбами.

На двигателях ЯМЗ генератор Г270-А крепят при помощи болта с регулировочной втулкой (рис. 80, *б*). Сначала слабо за-



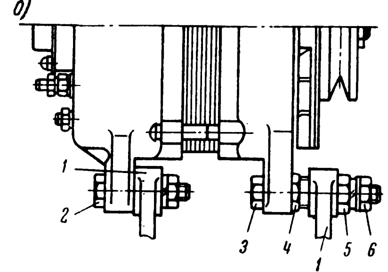


Рис. 80. Крепление генератора Г250 *(а)* и генератора Г270-А *(б)*

тягивается болт *2* в крышке со стороны контактных колец, а затем болт *3* вставляют в отверстие задней крышки генератора и в отверстие регулировочной втулки *4*, ввернутой в кронштейн двигателя. Регулировочную втулку устанавливают таким образом, чтобы она упиралась в торец лапы генератора, после чего затягивают гайку *6* и гайкой *5* законтривают регулировочную втулку *4*.

За счет овальных отверстий (под болты крепящие кронштейн *1* к двигателю) генератор вместе с кронштейном перемещают в направлении продольной оси и устанавливают таким образом, чтобы оси профиля ручьев шкивов генератора и ведущего шкива совпадали. Натягивают ремень и закрепляют болт крепления верхней лапы генератора к натяжной планке. После этого затягивают гайку болта *2* в крышке со стороны контактных колец.

Генераторы Г290 и Г290-Б имеют разные кронштейны (рис. 81) и устанавливаются на автомобилях ГАЗ отдельно от двигателя.

Генератор Г263 на двигателе ЯМЗ-240 (рис. 82) закрепляют на литом кронштейне *4* при помощи двух лент *1*. Генератор *3* кладут на специальные посадочные места кронштейна; ленты

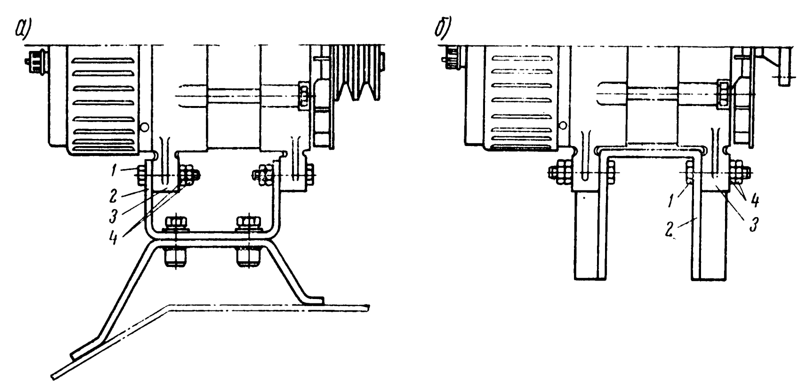


Рис. 81. Крепление генератора Г290 *(а)* и генератора Г290-Б *(б)*:
1 — болт; *2* — кронштейн двигателя; *3* — кронштейн генератора; *4* — гайки

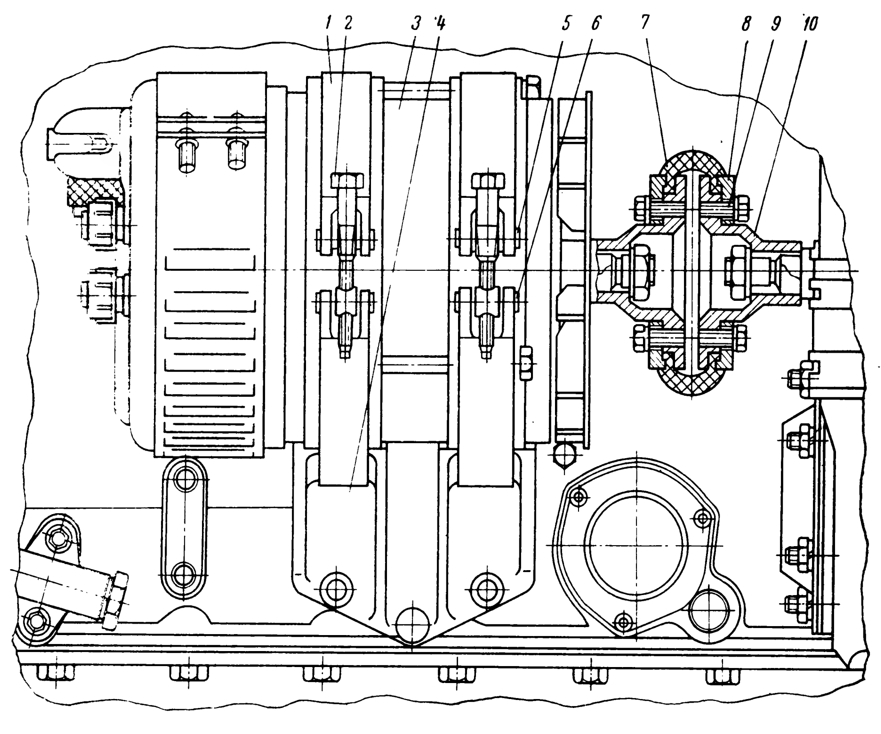


Рис. 82. Крепление генератора Г263

охватывают генератор и приливы кронштейна и стягиваются болтами *2* при помощи сухарей *5* и *6*. Привод генератора осуществляется эластичной муфтой, состоящей из резиновой оболочки *7*, двух прижимных дисков *8*, крепящихся болтами *9* к полумуфтам *10* и прижимающих резиновую оболочку к ведущей и ведомой полумуфтам.

Крепление генератора Г253 отличается применением раздвижного кронштейна (рис. 83, *а*), а крепление генератора Г2-Б (рис. 83, *б*) специальной распорной втулки.

При установке генератора на двигатель необходимо контролировать натяжение ремня. Натяжение приводного ремня должно быть таково, чтобы при нажатии большим пальцем руки на его середину, между шкивами двигателя и генератора с усилием около 4 *кГ* прогиб ремня был в пределах 10—15 *мм*.

Слабое натяжение ремня вызывает проскальзывание его на шкиве генератора, что приводит к уменьшению скорости вращения генератора и снижению его отдачи. Кроме того, происходит сильный нагрев шкива и вала генератора, что приводит к засфальтированию смазки в шариковых подшипниках и отказу последних в работе. Сильное натяжение ремня увеличивает на-

грузку на подшипник генератора и может послужить причиной его преждевременного износа.

При ТО-1 также очищают от пыли и грязи наружные поверхности генератора, реле-регулятора, селеновых выпрямителей и проверяют крепления и надежность контактов наконечников проводов с выводными клеммами.

ТО-2 рекомендуется начинать с проверки состояния проводов.

На автомобилях и тракторах соединение генератора, реле-регулятора и выпрямителей с остальной схемой электрооборудования осуществляется проводами низкого напряжения. Провода должны выдерживать усиленную вибрацию, а также воздействие на них бензина, масла, дизельного топлива, переменной температуры и повышенной влажности.

Для того чтобы провода были гибкими, их жилу делают из нескольких тонких проволок, свитых в один пучок.

Изоляция жилы — многослойная. Первый слой выполняют хлопчатобумажной пряжей, второй — вулканизированной резиной, а третий слой представляет собой лакированную хлопчатобумажную оплетку для защиты резины от действия нефтепродуктов. Для механической защиты изоляции некоторые провода обвивают плоской стальной лентой. Такие провода называются бронированными, а стальная оплетка — броней.

На специальных автомобилях монтаж электрооборудования выполняют экранированным проводом, у которого лакированная изоляция покрыта металлической оплеткой из тонкой медной проволоки, служащей экраном от радиопомех.

При эксплуатации генераторных установок переменного тока на автомобилях и тракторах следует периодически проверять надежность крепления пучков проводов скобами, а также состояние изоляции проводов в местах крепления и пересечения проводов с металлическими деталями автомобиля или трактора. Не следует допускать попадания топлива, масла на провода, так

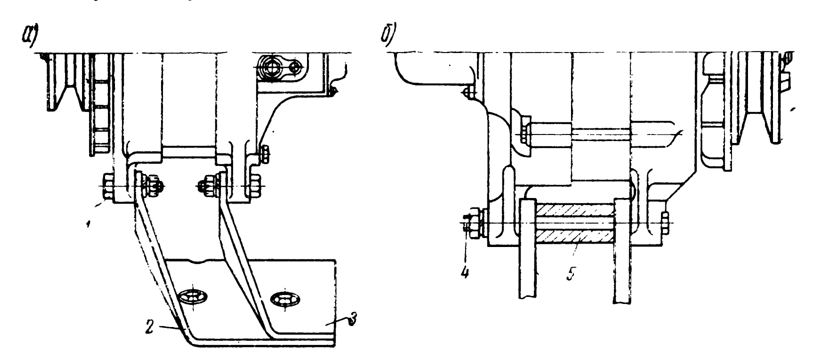


Рис. 83. Крепление генератора Г253 (*а*) и генератора Г2-Б (*б*):

1 — болт; *2, 3* — раздвижной кронштейн двигателя; *4* — стяжной болт; *5* — распорная втулка

как это разрушает изоляцию проводов и сокращает их срок службы.

Опыт эксплуатации показал, что генераторная установка работает исправно до 100 000 *км* пробега; поэтому если при ТО-2, т. е. через 25000—30000 *км* пробега автомобиля, генераторная установка обеспечивает нормальную зарядку аккумуляторной батареи, то снимать и разбирать генератор и реле-регулятор не следует.

Только при наличии неполадок в работе генератора и реле-регулятора необходимо прежде всего осмотреть в генераторе состояние щеток, контактных колец и щеточных пружин. Щетки должны иметь высоту не менее 8 *мм* (от места прилегания пружины до основания щетки) и свободно перемещаться в канале щеткодержателя; поверхность контактных колец должна быть чистой. Для такого осмотра достаточно отвернуть винты щеткодержателя и снять его с крышки генератора.

В отверстии, в которое был вставлен вынутый щеткодержатель, хорошо видны контактные кольца.

В реле-регуляторе прежде всего следует осмотреть контакты регулятора напряжения и реле защиты. Контакты регулятора напряжения и реле защиты практически в эксплуатации не изнашиваются и поэтому не нуждаются в зачистке. В случае загрязнения их следует промыть чистым бензином или спиртом и протереть плотной тканью или лучше всего капроновой лентой. Для этого достаточно снять крышку с реле-регулятора. Допускается промывка контактов при плановых ремонтах автомобиля. Промывку можно выполнять также капроновой лентой, смоченной спиртом или 20%-ным раствором лимонной кислоты.

Генераторная установка переменного тока предназначена для работы только в схеме электрооборудования автомобиля с присоединением клеммы «—» аккумуляторной батареи на «массу».

Ошибочное включение аккумуляторной батареи через клемму «+» на «массу» приводит к отказу в работе генератора и реле-регулятора. Присоединение проводов к выводам генератора, реле-регулятора и аккумуляторной батареи должно быть в точном соответствии с маркировкой, указанной на клеммах генератора, реле-регулятора, аккумуляторной батареи.

На автомобилях, оборудованных генераторными установками переменного тока, запрещается пуск двигателя при отключенном «плюсовом» проводе генератора, так как это приведет к возникновению на выпрямителе генератора повышенного напряжения, опасного для вентилей.

Запрещается также проверка исправности цепи зарядного тока путем «прозванивания» меггером либо посредством лампы, питаемой напряжением больше 36 *в*. Если проверка изоляции проводов необходима, то генератор и реле-регулятор следует предварительно отключить.

Особенно опасным для установок переменного тока является даже кратковременное замыкание клемм генератора и реле-регулятора на массу, как это привыкли делать у генераторов постоянного тока для проверки его исправности «на искру». В этом случае могут отказать в работе вентили генератора и реле-регулятора.

Перед выездом, после пуска двигателя стартером, на средних оборотах коленчатого вала двигателя генератор должен давать значительный зарядный ток. Если стрелка амперметра при этом стоит у нуля или показывает незначительный зарядный ток, не следует сразу делать вывод о неисправности генератора или реле-регулятора, а необходимо проверить величину регулируемого напряжения. Если регулируемое напряжение не укладывается в заданные пределы, регулятор следует подрегулировать.

Одновременно необходимо проверить напряжение между клеммой «+» генератора и массой. Превышение этого напряжения более чем на 1,5 *в* относительно напряжения, замеренного на реле-регуляторе, указывает на неисправность сети, большое переходное сопротивление в болтовых соединениях из-за слабой затяжки клемм или большое падение напряжения на включателе зажигания.

Подрегулировку регулятора напряжения необходимо осуществлять тогда, когда продолжительное время наблюдается значительный недозаряд батареи, выявившийся прежде всего в том, что при исправной системе пуска пуск двигателя затруднен. В этом случае необходимо проверить регулируемое напряжение и повысить его величину на 0,3—0,5 *в*. Если, наоборот, продолжительное время наблюдается значительный перезаряд аккумуляторной батареи, выражающийся в интенсивном выкипании электролита, требуется снизить величину регулируемого напряжения на 0,3—0,4 *в*.

При эксплуатации автомобилей в районах Крайнего Севера или на Юге, регулировку регулятора напряжения необходимо менять в соответствии с Едиными правилами ухода за аккумуляторными батареями.

Рассмотрим проверку и регулировку реле-регулятора РР362 на автомобиле.

Крышку реле-регулятора осторожно снимают, чтобы не повредить электромагнитные элементы реле-регулятора внутренней поверхностью крышки. Резиновую уплотнительную прокладку снимать с основания не следует.

Далее пускают двигатель. Скорость вращения вала двигателя доводят до 1300—2000 *об/мин* и после 10-минутной работы двигателя устанавливают реостатом нагрузку генератора 14 *а* или включают фары и задние фонари и выполняют подрегулировку специальным ключом.

Плавным поворотом ключа слегка изгибают кронштейн пружины и тем самым изменяют ее натяжение до положения, при котором вольтметр будет показывать заданное напряжение. После регулировки останавливают двигатель, осторожно надевают крышку и закрепляют ее винтами. Потом еще раз проверяют регулируемое напряжение при закрытой крышке реле-регулятора.

Особенностью регулировки контактно-транзисторного реле-регулятора является то, что корпус электромагнитного реле и пружины находятся под напряжением относительно корпуса реле-регулятора; поэтому при пользовании плоскогубцами случайное касание плоскогубцами корпуса вызовет короткое замыкание, которое может привести к отказу в работе реле-регулятора.

Кроме технического обслуживания, которое выполняют на автомобиле, существует комплекс ремонтных работ, проводимых в мастерской.

Характер неисправности всей генераторной установки определяют непосредственно на автомобиле, после чего изделия направляют на ремонт в мастерскую.

В мастерской имеются оборудование и приборы для проверки характеристик, разборки и сборки изделий и их регулировки.

§ 2. Оборудование, приборы для технического обслуживания и ремонта

Техническое обслуживание и ремонт генераторных установок переменного тока выполняют на обычном электромонтажном верстаке, предназначенном для ремонта автотракторного электрооборудования (рис. 84).

На крышке верстака, покрытой гетинаксом, текстолитом или линолеумом, расположен распределительный щит *4*, на котором смонтированы: амперметр *6* со шкалой 0—30 *а*, вольтметр *5* со шкалой 0—550 *в*, два понижающих трансформатора типа ОСО—0,25, включенных параллельно, общей мощностью 0,5 *квт*, вспомогательная сигнальная и защитная аппаратура. При помощи этих приборов проверяют изоляцию генератора и реле-регулятора напряжением 220 и 550 *в*, осуществляют питание электропаяльника и др.

Каркас верстака изготовлен из уголковой стали. Верстак имеет ящики для хранения контрольно-измерительных приборов и запасных частей. Сбоку верстака имеется подставка *10* для установки аккумуляторных батарей, предназначенных для контроля обмоток генератора, реле-регулятора и вентилей.

Для ремонта генераторов переменного тока используют слесарные тиски *3*, поворотный стол *7*, пресс *9* и различные приборы.

Для проверки свечей и аппаратов зажигания на стенде смонтированы: компрессор *1*, аппарат для проверки свечей *2* и на-

Рис. 84. Верстак для ремонта автотракторного электрооборудования

магничивающий аппарат *8* для намагничивания магнитов магнето.

Портативный дефектоскоп ПДО-1 может быть использован для определения межвитковых коротких замыканий в катушках статора генераторов, а также для определения правильности укладки катушек.

Дефектоскоп состоит из двух узлов: индукционного и приемно-сигнального аппаратов.

Индукционный аппарат (рис. 85, *а*) состоит из незамкнутого сердечника *1*, набранного из электротехнической стали с катушкой *2*, имеющей 240 витков провода ПЭЛ ∅ 0,44 *мм;* прерывателя *3* с нормально замкнутыми вольфрамовыми контактами; искрогасящего конденсатора *4* и шнура питания с контактными клеммами *5*.

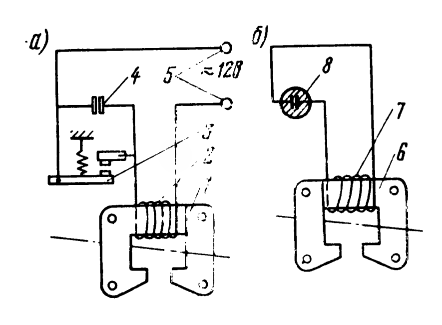


Рис. 85. Схема дефектоскопа ПДО-1: *а* — индукционный аппарат; *б* — приемно-сигнальный аппарат

Приемно-сигнальный аппарат дефектоскопа (рис. 85, *б*) состоит также из сердечника *6*, приемной катушки *7* и неоновой лампы *8*, сигнализирующей о том, есть ли напряжение в приемной катушке или нет. Оба аппарата — индукционный и приемно-сигнальный — смонтированы в общем пластмассовом корпусе, имеющем рукоятку.

Для проверки обмоток статора на межвитковое короткое замыкание дефектоскоп устанавливают на внутреннюю поверхность испытуемого статора так, чтобы паз с проверяемой секцией обмотки располагался вдоль дефектоскопа и находился между воздушными зазорами сердечников индукционного и приемно-сигнального аппарата.

Когда к клеммам 5 подводят напряжение 12 *в,* то прерыватель *3* начинает вибрировать и создавать в сердечнике *1* пульсирующий магнитный поток за счет периодического размыкания цепи его контактами. В проверяемом витке, который помещен в зону переменного магнитного потока дефектоскопа, наводится э. д. с.

Если этот виток коротко замкнут, то под действием э. д. с. в нем появится переменный электрический ток, который в свою очередь создает свое переменное магнитное поле. Это магнитное поле действует и на сердечник *6* приемо-сигнального аппарата, и в катушке *7* также создается э. д. с., которая заставляет гореть неоновую лампу. Если проверяемый виток не имеет короткого замыкания, то в нем не возникнет электрического тока и магнитного потока и неоновая лампа *8* гореть не будет.

Дефектоскоп ПДО-1 рассчитан на кратковременную работу не более 3 *мин.* При эксплуатации контакты прерывателя изнашиваются и их необходимо периодически чистить и регулировать.

Электронный осциллограф ЭО-7 дает возможность наблюдать кривые периодических процессов. Перед началом работы с прибором необходимо проверить: возможность плавного вращения и надежность крепления ручек управления, вращая каждую ручку влево и вправо до упора; надежность фиксации положения переключателей, т. е. соответствие положения переключателя напряжения сети имеющемуся напряжению сети.

Переключатель находится на задней стенке прибора, и его положение определяется цифрой, появляющейся в окошке крышки. Если необходимо включить прибор в сеть на напряжение 115 или 127 *в,* следует отвинтить винты, удерживающие круглую крышку переключателя напряжения на кожухе и снять ее. Затем вытащить колодку переключателя и снова вставить вверх числом, указывающим нужное напряжение, следя за правильностью постановки по положению ключа колодки и выреза в ламповой панели. После этого крышку установить на место.

Переключать следует только при выключенном на сети шнуре питания. После переключения необходимо ставить предохранитель на соответствующую силу тока: при 220 *в* — 1 *а;* при 127 или 115 *в* — 1,5 *а.*

У исправного генератора переменного тока фазные токи равны между собой и генератор работает в симметричном режиме. При пробое или обрыве одного вентиля генератор переходит в

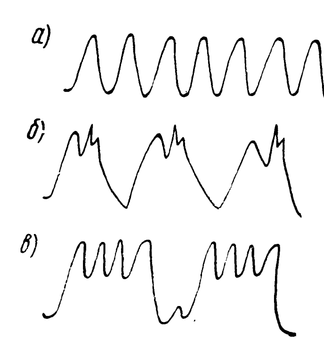


Рис. 86. Форма кривой выпрямленного напряжения генератора:
а — диоды исправны; *б* — диод пробит; *в* — обрыв в цепи диода

несимметричный режим работы и начальная скорость вращения ротора при этом увеличивается.

Для того чтобы определить причину повышения начальных оборотов ротора генератора, проверяют форму кривой выпрямленного напряжения при помощи осциллографа ЭО-7.

Генератор подключают к осциллографу и при скорости вращения ротора 1500—2000 *об/мин* без нагрузки наблюдают форму кривой выпрямленного напряжения.

При исправных вентилях осциллограмма выпрямленного напряжения имеет пилообразную форму с равномерными зубцами (рис. 86, *а*). При пробое вентиля, т. е. при его коротком замыкании, осциллограмма резко изменяется. Зубцы кривой становятся более крупными с мелким изломом на вершинах (рис. 86, *б*). Обрыв же в цепи вентиля характеризуется крупными зубцами кривой с многочисленными зубчиками на вершинах (рис. 86, *в*).

При обнаружении пробоя или обрыва вентиля генератор необходимо разобрать и исследовать крышку с вентилями, проверяя отдельно у каждого вентиля его прямую и обратную проводимость.

Вольтамперметр НИИАТ ЛЭ-1. Этим прибором непосредственно на автомобиле проверяют: начальные обороты отдачи генератора без нагрузки и с полной нагрузкой; напряжение, поддерживаемое регулятором; работу ограничителя тока; состояние электрических цепей низкого напряжения.

Прибор (рис. 87) смонтирован в ящике со съемной крышкой. На лицевой панели прибора (рис. 87, *а*), выполненной из электроизоляционного материала, размещаются приборы, ручки управления и выводные клеммы для присоединения вольтметра к проверяемой схеме. Шкалу вольтметра 0—2 *в* включают кнопкой *2*. В амперметре *3* пользуются шкалой 0—50 *а* при работе с внутренним шунтом, прилагаемым к прибору.

Прибор снабжен электроимпульсным тахометром *4* для измерения чисел оборотов коленчатого вала карбюраторного двигателя. Тахометр имеет две шкалы: 0—5000 *об/мин* (для шестицилиндрового двигателя) и 0—7500 *об/мин* (для четырехцилиндрового двигателя). Источником питания тахометра служит сухая батарея для карманного фонаря. Питание тахометра может также производиться от аккумуляторной батареи проверяемого автомобиля. Датчик тахометра расположен внутри прибора и работает от прерывателя системы батарейного зажигания.

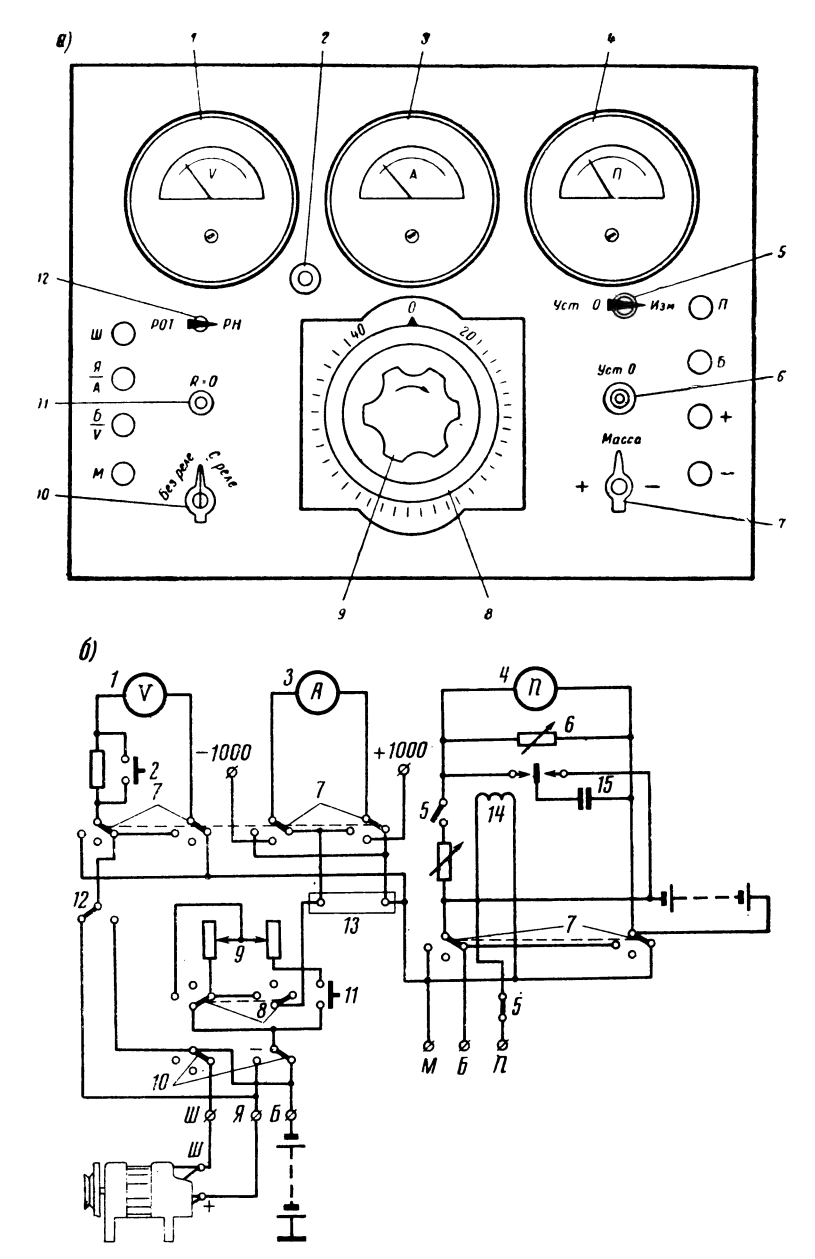


Рис. 87. Вольтамперметр НИИАТ ЛЭ-1:

а — лицевая панель; *б* — электрическая схема;

1 — вольтметр; *2* — кнопка включения шкалы вольтметра 0—2 *в*; *3* — амперметр; *4* — тахометр; *5* — включатель тахометра; *6* — рукоятка установки нуля тахометра; *7* — переключатель полярности; *8* — переключатель реостата; *9* — реостат; *10* — переключатель рода испытания генератора; *11* — кнопка замыкания реостата накоротко; *12* — переключатель вольтметра; *13* — шунт амперметра; *14* — импульсный датчик тахометра; *15* — конденсатор

Нагрузочный реостат *9* имеет две ступени регулировки; переход на ту или иную ступень осуществляется переключателем *8*. Первая ступень позволяет плавно изменять ток нагрузки в пределах 5—20 *а*, вторая ступень — в пределах 20—40 *а*. Реостат включен последовательно с амперметром: выключают его кнопкой *11*, которая замыкает накоротко выводы реостата. Реостат рассчитан на кратковременную работу, поэтому пользоваться им можно не более 3 *мин*.

На рис. 87, *б* изображена электрическая схема прибора.

Прежде чем начать проверку электрооборудования, переключатель *7* полярности устанавливают в положение, соответствующее полярности электрооборудования проверяемой машины.

На отечественных автомобилях и тракторах принята отрицательная полярность (с массой соединен отрицательный полюс). Ранее на автомобилях прежнего выпуска с массой соединяли положительный полюс. Затем включатель *5* ставят в положение *Уст.* 0 (установка нуля) и с помощью рукоятки *6* переменного сопротивления совмещают стрелку прибора с красной риской на шкале тахометра *4*. После этого ставят включатель *5* в положение *Изм.* (измерение).

Для проверки генератора без реле-регулятора необходимо: шунт генератора подсоединить к клемме *Ш* вольтамперметра, клемму «+» генератора — к клемме *Я* вольтамперметра, к клемме *Б* подсоединить аккумуляторную батарею. Переключатель *10* ставят в положение *Без реле*, а переключатель *8* реостата — в нулевое положение.

После этого пускают двигатель автомобиля и, плавно увеличивая число оборотов, наблюдают за показаниями вольтметра *1*. При напряжении 12,5 *в* отмечают показания тахометра *4*. Скорость вращения якоря генератора при этом не должна превышать величины, приведенной в табл. 10. Затем переключателем *8* включают реостат и, повышая число оборотов двигателя, устанавливают реостатом *9* нагрузку, соответствующую номинальной для проверяемого генератора; при этом клемму *Я* соединяют с клеммой *Б*. При напряжении 12,5 *в* отмечают показание тахометра и сравнивают их с данными табл. 10. Если полученное число оборотов ротора генератора выше нормы, то генератор следует отправить в ремонтную мастерскую.

Проверку генератора в комплекте с реле-регулятором осуществляют по следующей схеме.

Переключатель *10* устанавливают в положение *С реле*. При проверке регулятора напряжения переключатель *12* устанавливают в положение *РН*. Затем увеличивают скорость вращения ротора генератора до 3000 *об/мин* и рукояткой реостата *9* нагружают генератор током, равным по величине половине номинального. При таком режиме вольтметр *1* покажет величину регулируемого напряжения, которая должна соответствовать данным табл. 16. Регулятор напряжения регулируют, изменяя на-

тяжение пружины регулятора. Для уменьшения напряжения необходимо ослабить, для повышения напряжения — увеличить натяжение пружины.

При проверке ограничителя тока переключатель *12*, также устанавливают в положение *РН*. Скоростной режим работы генератора такой же, как при проверке регулятора напряжения. Увеличивая нагрузку реостатом *9* и поддерживая постоянное число оборотов двигателя, наблюдают за показаниями амперметра *3* и вольтметра *1*. С момента начала работы ограничителя тока ток нагрузки реостата перестает возрастать, а напряжение снижается до 10—12 *в*.

Максимальное показание амперметра будет соответствовать величине ограничиваемого тока, которая должна быть равна номинальному току генератора с установленным допуском.

Ограничитель тока регулируют, изменяя натяжение его пружины. Для уменьшения регулируемого тока необходимо ослабить, а для повышения — увеличить натяжение пружины.

Прибор НИИАТ Э-5 (рис. 88) позволяет проверять генераторы, реле-регуляторы и другое электрооборудование непосредственно на автомобиле. Прибор смонтирован в металлическом ящике со съемной крышкой.

На передней панели (рис. 88, *а*) расположены приборы управления и зажимы. В число приборов входят: вольтметр *8* типа М-4200 класса точности 1,5 с тремя пределами измерений: 0—2 *в;* 0—10 *в;* 0—20 *в;* переключатели вольтметра *4* и *7;* амперметр *11* типа М-4200 класса точности 2,5 с двумя пределами измерений 0,50 *а* и 0—1000 *а* и переключателем *12*.

Для измерения числа оборотов вала двигателя служит тахометр электроимпульсного типа. В качестве электроизмерительного прибора электротахометра *6* применен микроамперметр типа М4207-Л с градуировкой шкалы от 0 до 5000 *об/мин* для шестицилиндрового двигателя и от 0 до 7500 *об/мин* для четырехцилиндрового двигателя с переключателем *5* и ручкой *3* для установки нуля.

В зависимости от рода проверок прибор переключают селекторным переключателем *18*, имеющим четыре положения: первое для проверки генераторов, реле-регуляторов, стартеров, аккумуляторной батареи, цепей низкого напряжения и сопротивления контактов прерывателя; второе — для измерения угла замкнутого состояния контактов прерывателя; третье — для проверки конденсаторов; четвертое — для проверки катушек зажигания.

Нагрузочное устройство состоит из двух соединенных параллельно реостатов: ползункового, включаемого движком *17* на силу тока от 5 до 10 *а* и ступенчатого (магазин сопротивлений), включаемого специальными клеммами *1* на силу тока 5, 10, 20 и 40 *а*.

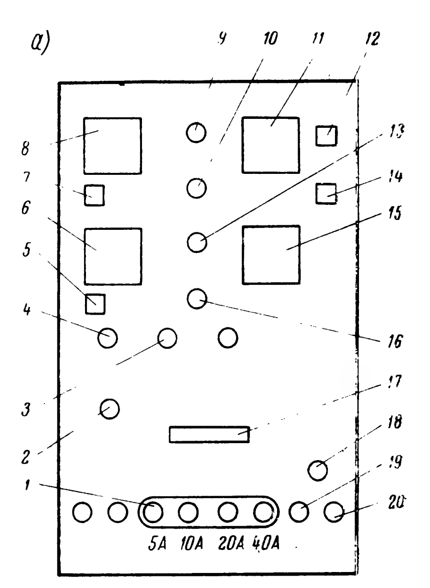


Рис. 88. Прибор НИИАТ Э-5:
а — лицевая панель; *б* — электрическая схема;

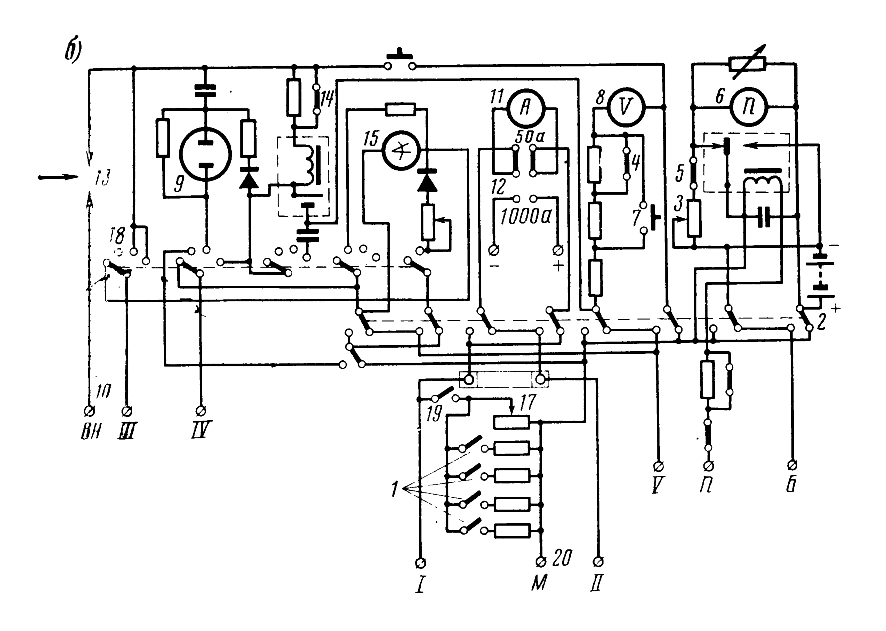
1 — клеммы реостата; *2* — переключатель полярности массы; *3* — ручка установки нуля тахометра; *4* и *7* — переключатели вольтметра (6—12 *в*); *5* — переключатель тахометра; *6* — электротахометр; *8* — вольтметр; *9* — неоновая лампа; *10* — клемма высокого напряжения; *11* — амперметр; *12* — переключатель амперметра (50—1000 *а*); *13* — искровой разрядник; *14* — включатель вибратора; *15* — указатель угла замкнутого состояния контактов; *16* — регулировка промежутка искрового разрядника; *17* — движок реостата; *18* — селекторный переключатель; *19* — клемма включения реостата; *20* — клемма соединения с массой автомобиля

Нагрузочный реостат может быть включен при помощи клеммы *19*, поворотом ее на один-два оборота против часовой стрелки. Клемма *20* служит для подключения прибора к массе автомобиля. Полярность массы устанавливают переключателем *2*. Электрическая схема прибора показана на рис. 88, *б*.

Стенд модели 532. Стенд предназначен для проверки автомобильных и тракторных генераторов мощностью до 2000 *вт* напряжением 12 и 24 *в*, проверки и регулировки реле-регуляторов к ним и другого электрооборудования, а также измерения сопротивлений до 200 *ом* и испытания прочности изоляции.

Для удобства перемещения стенд установлен на четырех обрезанных катках. В нижней части стенда (рис. 89), разделенной на два отсека *1* и *24*, располагают принадлежности, приборы и две аккумуляторные батареи 6-СТ-68. Проверяемые генераторы устанавливают на съемных призмах или подставках и крепят на столе стенда зажимным приспособлением *19* при помощи скобы с зажимным винтом и концевой призмой. Скоба может перемещаться вдоль оси привода стенда по направляющим стола. Снизу к плите стола прикреплена пиноль, установленная в направляющем отверстии корпуса. При помощи подъемного винта *23* пиноль перемещает стол в вертикальном направлении для совмещения оси проверяемого генератора с осью приводного вала. Корпус стола может поворачиваться на 60° в обе стороны и фиксируется двумя стопорными винтами *3*.

Реле-регуляторы при проверке закрепляют на откидной площадке *6*. С левой стороны от стола стенда, на передней стенке, находится кнопка *5* включения электрооборудования, панель *4*



с клеммами для присоединения генератора переменного тока и рукоятка *2* реостата нагрузки. С правой стороны от стола стенда находится панель *21* с клеммами для присоединения стартеров, кнопка включателя стартера и кнопки *22* переключателя напряжения 12—24 *в*. На наклонной части передней стенки стенда находятся переключатели: *8* нагрузки, *9* возбуждения, *17* батареи и *18* полярности массы, а также клеммовые панели *7* для присоединения проверяемых реле-регуляторов и *20* для присоединения генераторов.

На панели приборов расположены: вольтметр *12,* омметр-тахометр *14,* амперметр *15;* переключатели: *10* вольтметра и *11* омметра-тахометра, потенциометр установки нуля *13* и переключатель *16* пределов измерения амперметра. Вал ротора генератора приводится во вращение муфтой провода стенда через фланец со съемной переходной головкой, которую надевают на гайку шкива генератора.

При проверке генераторов на скоростях более 5000 *об/мин* их соединяют со шкивом стенда при помощи клинового ремня, входящего в комплект принадлежностей стенда. Муфта приводится во вращение от асинхронного короткозамкнутого электродвигателя типа А42-2 мощностью 4,5 *квт* при 2870 *об/мин.*

Проверка генератора Г250А1 на стенде 532 производится при токах нагрузки, равных 0 и 28 *а*. Генератор устанавливают в приспособлении и соединяют с валом привода при помощи муфты.

Перед началом настраивают тахометр, для чего переключатель тахометра ставят в положение УСТ. 0 (см. рис. 87, *а*) и

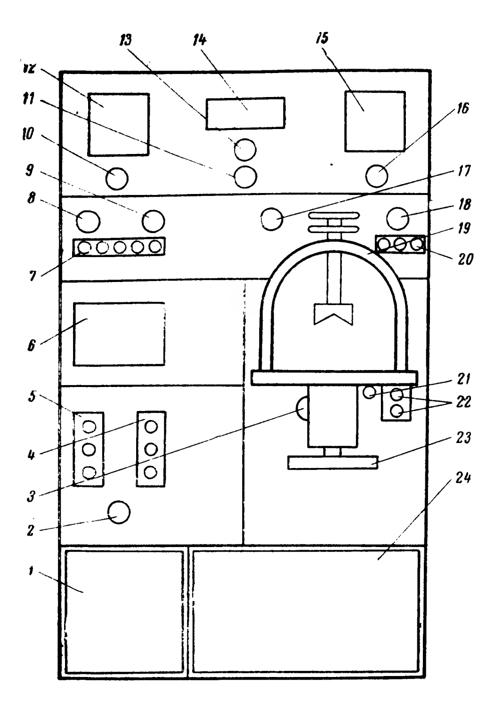


Рис. 89. Лицевая панель стенда модели 532

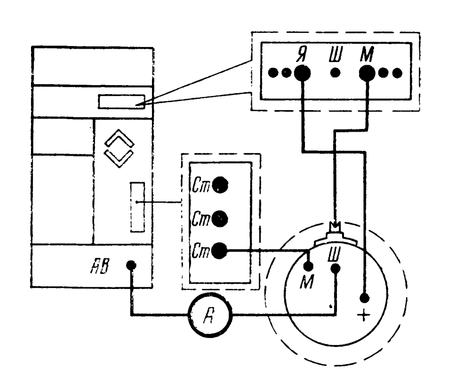


Рис. 90. Подключение генератора к стенду

с помощью реостата УСТ. 0 совмещают стрелку прибора с риской на шкале, затем переключатель тахометра устанавливают в положение ИЗМ.

Генератор подключают к стенду, как показано на рис. 90. Клемму *Ш* генератора соединяют проводом с клеммой «+» аккумуляторной батареи, установленной на стенде, а клемму «—» батареи соединяют с *М* («массой») стенда. Для замера тока возбуждения в цепь аккумуляторной батареи включают амперметр класса 1,5 со шкалой в 5 *а*.

Переключатели стенда устанавливают в положение: переключатель полярности — на «—»; переключатель возбуждения — *«Без реле»;* переключатель напряжения — «12 *в*»: переключатель вольтметра — в положение *«РОТ»* в секторе «минус на массу»; переключатель амперметра — в положение 50 *а* в секторе «Ген»; переключатель нагрузки — в положение $\frac{40а - 12в}{30а - 24в}$, переключатель батарей — в нейтральное положение (вертикально по направлению линии на шильдике переключателя).

Рукоятку реостата нагрузки поворачивают против часовой стрелки до упора, что соответствует току нагрузки, равному нулю.

Включают двигатель стенда и увеличивают скорость вращения ротора генератора до тех пор, пока напряжение генератора не достигнет 12,5 *в*. При этом значение скорости вращения по

тахометру не должно превышать заданного в технических условиях.

Для замера начальной скорости вращения при нагрузке 28 *а* плавно поворачивают рукоятку реостата по часовой стрелке. Повышая скорость вращения генератора, устанавливают ток нагрузки 28 *а* при напряжении 12,5 *в*. При этих значениях замеряют по тахометру скорость вращения генератора. При исправном генераторе скорость вращения должна быть не более указанной в технических условиях.

Стенд ГАРО модели 2214. На этом стенде можно проверять генераторы мощностью до 500 *вт*, реле-регуляторы и стартеры.

Стенд (рис. 91) также позволяет проверять состояние изоляции электрических приборов, обрыв цепи и замерять электрическое сопротивление. Генератор крепят при помощи зажимного устройства *22* с губками, которое может перемещаться по направляющим штангам относительно приводного вала стенда. Вал ротора генератора приводится во вращение муфтой привода стенда через фланец со съемной переходной головкой, которая надевается на гайку шкива генератора. Муфта приводится во вращение через ременную передачу от реверсивного репульсионного электродвигателя мощностью 0,8 *квт* при 1500 *об/мин*, расположенного внутри стенда. Муфты привода и электродвигателя имеют двухступенчатые шкивы под клиновой ремень А-1400. На первой ступени муфта привода развивает до 5000 *об/мин*, а на второй — до 10 000 *об/мин*. Натяжение приводного ремня регулируют роликом, который может перемещаться по продольному пазу в корпусе стенда и фиксироваться на нем гайкой в нужном положении.

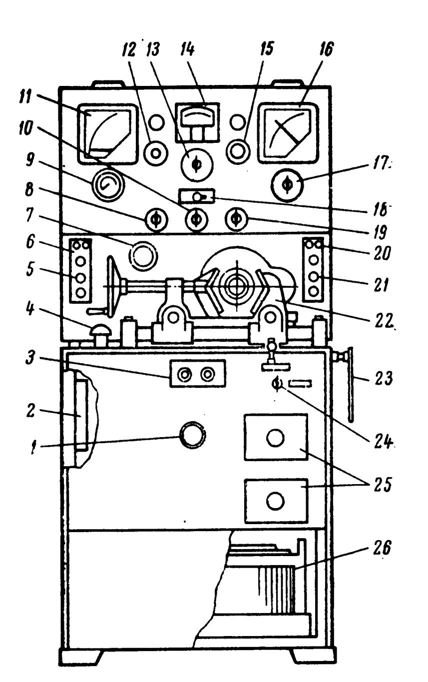


Рис. 91. Вид лицевой стороны стенда модели 2214

Скорость вращения привода изменяют вращением рукоятки *1*, находящейся под стартерной панелью *3*. Этой же рукояткой можно изменять направление вращения привода. Двигатель включают переключателем *24*. В нижней части стенда имеются ящики *25* для принадлежностей, а также установлены две аккумуляторные батареи *26* типа 3-СТ-98, которые соединяются последовательно или параллельно для получения напряжения 12 или 6 *в*. Слева от зажимного устройства, на передней панели

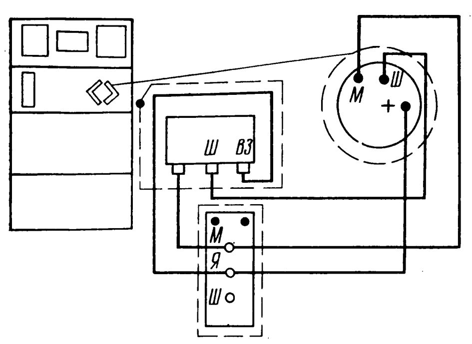


Рис. 92. Схема включения приборов стенда 2214 при проверке регулятора напряжения

стенда, находится клеммовая панель *5* для присоединения генератора, а справа — клеммовая панель *21* для присоединения реле-регуляторов. Гнезда *6* служат для подключения проводов при проверке различных сопротивлений, а гнезда *20* — для подключения проводов со щупами при проверке прочности изоляции. Между ними находится ручка реостата *7* нагрузки.

На наклонной панели стенда установлены приборы: вольтметр *11*, омметр-тахометр *14*, амперметр *16*, указатель *9* динамометра; переключатели: режима проверки генератора *8*, проверки реле-регуляторов *10*, полярности массы *19*, рода проверок *18*, пределов измерения амперметра *17*, вольтметра *12* и омметра *13*. Также на панель приборов выведена ручка потенциометра *15* установки нуля прибора омметр-тахометр.

Для проверки и регулировки реле-регулятор устанавливают на откидной плите *23* и подключают по схеме (рис. 92).

Переключатели стендов устанавливаются в положение: переключатель полярности массы «масса»; переключатель возбуждения «Без реле-регулятора»; переключатель напряжения «12 *в*»; переключатель амперметра «20 *а*»; переключатель режимов «Ген». Рукоятку реостата нагрузки поворачивают на 1—1,5 оборота по часовой стрелке (из левого крайнего положения). Далее плавно повышается скорость вращения ротора генератора до 1400—1600 *об/мин*. После этого переключатель режимов переводят в положение «Двиг», а затем возвращают в исходное положение. Плавно увеличивая скорость вращения ротора генератора до 3000 *об/мин*, устанавливают ток нагрузки по амперметру стенда 14 *а* и отмечают показания вольтметра.

При необходимости реле-регулятор регулируют в соответствии с его техническими характеристиками. Проверяют также изменение напряжения при скорости вращения 3000 *об/мин* и изменение нагрузки от 0 до 28 *а*.

На стенде установлены также шунт *2* (см. рис. 91) амперметра на 1000 *а* и кнопка *4* включения стартера. На вертикальной панели стенда смонтирован потенциометр *15*.

§ 3. Основные неисправности генераторных установок

Установки с генераторами переменного тока работают значительно дольше и надежнее, чем установки с генераторами по-

стоянного тока. Однако, несмотря на это, встречаются отдельные случаи неисправностей генераторных установок переменного тока, которые необходимо правильно определить и вовремя устранить. При движении автомобиля следует наблюдать за показанием амперметра или контрольной лампы.

В эксплуатации имеют место три характерных случая неисправности генераторной установки.

Первый случай. Амперметр не показывает зарядки на средних скоростях вращения коленчатого вала двигателя. Контрольная лампа горит полным накалом. Эти показания свидетельствуют о том, что генератор не заряжает аккумуляторную батарею и происходит разрядка последней.

Причиной может быть обрыв цепи между генератором и аккумуляторной батареей. Обрывы чаще всего встречаются в местах соединений с клеммами и на перегибах проводов. В последнем случае обрывы провода обычно скрыты изоляцией. Определение обрыва в цепи, если обрыв не обнаруживается внешним осмотром, осуществляют при помощи контрольной лампы при обязательном отключении генератора и реле-регулятора.

Одним концом провода контрольной лампы касаются массы автомобиля, а вторым последовательно касаются зажимов, идя по цепи в определенном направлении от генератора к батарее или наоборот. Горение контрольной лампы указывает, что цепь на участке от точки касания до источника тока исправна, поэтому неисправность цепи нужно искать после этой точки. Потухание лампы при переносе точки касания показывает на наличие обрыва провода на участке между точками касания, соответствующими горению и потуханию лампы. Поврежденные провода сращивают путем скрутки и пайки. Место скрутки изолируют изоляционной лентой и полихлорвиниловыми трубками.

Существенной неисправностью в электропроводке является увеличение переходных сопротивлений в местах присоединения проводов к клеммам источников и потребителей тока. Вследствие этого при нагрузке в переходных сопротивлениях теряется часть напряжения, подводимого к потребителю, в результате чего нарушается нормальная работа потребителей (аккумуляторная батарея плохо заряжается, стартер слабо прокручивает двигатель, тускло светят фары). Падение напряжения увеличивается при загрязнении, обгорании или окислении контактов, а также в случае слабой затяжки клемм или плохой пайки наконечников проводов в местах присоединения к соединительным панелям или массе автомобиля.

Падение напряжения проверяют вольтметром, замеряя величину напряжения в начале и конце цепи, питающей потребитель. Разность напряжений является величиной падения напряжения в данной цепи. Обычно допустимая величина падения напряжения в цепи составляет 0,5—0,8 *в*. В автобусах или автомо-

билях с прицепами из-за большой длины проводов допускают несколько большее падение напряжения.

Если провода зарядной цепи исправны, а амперметр все же не показывает зарядки, то необходимо при работе двигателя на средних оборотах при включенной батарее и включенных потребителях кратковременно на 1—2 *сек* перемкнуть отрезком провода клеммы *ВЗ* и *Ш* реле-регулятора. При этом нужно соблюдать осторожность, чтобы нечаянно не замкнуть на массу клемму *Ш*, что вызовет отказ в работе транзисторного регулятора напряжения.

При этом наблюдается следующее.

Амперметр не показывает броска зарядного тока; при замыкании проводом клеммы *ВЗ* и *Ш* искрения в точках присоединения этого провода к клеммам не происходит. Это говорит о том, что неисправность следует искать в генераторе, который не возбуждается. Эта неисправность может возникнуть по причине зависания щеток в каналах щеткодержателей или обрыва в цепи обмотки возбуждения генератора. Прежде всего следует проверить щетки.

Зависание щетки легко можно определить осмотром щеткодержателей и щеток. Щетки должны свободно перемещаться в канале щеткодержателя.

Для устранения зависания щеток необходимо очистить каналы щеткодержателя от пыли и грязи, затем вставить щетки в щеткодержатели и убедиться, что они свободно перемещаются без заедания. Изношенные щетки необходимо заменить.

Для определения обрыва обмотки возбуждения щетки вынимают из щеткодержателя и к контактным кольцам через амперметр или лампочку подводят напряжение 12—24 *в*.

Если стрелка амперметра остается на нуле, а лампочка не загорается, значит, в цепи возбуждения имеется обрыв.

Другой неисправностью является «сбрасывание» нагрузки генератором. При токе нагрузки, равном нулю, генератор может развивать некоторое напряжение. Но при включении нагрузки напряжение генератора резко падает до величины, близкой к нулю, и генератор не может питать включенную нагрузку.

Это явление связано, как правило, с междувитковым замыканием в обмотке статора. При замыкании витков в одной или в нескольких катушках статора, ток начинает протекать по замкнутым виткам и во внешнюю цепь не попадает. Мощность генератора резко уменьшается, а так как сопротивление короткозамкнутых витков мало, то ток в них достигает большой силы и короткозамкнутые витки перегреваются, а их изоляция нарушается или полностью сгорает.

Междувитковое замыкание можно определить при помощи дефектоскопа ПДО-1. Если дефектоскопа в мастерской нет, то можно замерить сопротивление фазных обмоток статора. Фаза,

сопротивление которой меньше, чем у других, имеет витковое замыкание.

В генераторах, работающих с отдельным селеновым выпрямителем, выводы трехфазной обмотки статора расположены снаружи и поэтому у них легко можно замерить напряжение фаз вольтметром. Если одна из фаз имеет меньшее напряжение, то в ней находится катушка с витковым замыканием.

Поврежденные катушки статора необходимо заменить.

Генератор также сбрасывает нагрузку в случае пробоя или обрыва одного диода. Наличие пробоя или обрыва диода обнаруживают осциллографом ЭО-7 без разборки генератора по форме кривой выпрямленного напряжения (см. рис. 86). При обнаружении пробоя или обрыва диода генератор разбирают и проверяют каждый диод в отдельности. Обрыв и пробой диодов обнаруживается контрольной лампой, соединенной с аккумуляторной батареей напряжением 12—24 *в* или с другим источником постоянного тока.

Амперметр не показывает броска зарядного тока, однако при замыкании проводом клемм *ВЗ* и *Ш* возникает сильная дуга, сам провод быстро нагревается.

В этом случае причиной отсутствия зарядного тока является короткое замыкание цепи обмотки возбуждения на массу, из-за чего срабатывает реле защиты в реле-регуляторе.

В данном случае необходимо, отключив включатель зажигания, устранить короткое замыкание, после чего зарядка аккумуляторной батареи должна восстановиться.

Амперметр показывает бросок зарядного тока. Это говорит о неисправности в реле-регуляторе.

Прежде всего может произойти разрегулировка регулятора напряжения в сторону уменьшения регулируемого напряжения ниже уровня напряжения батареи. Убедиться в этом можно кратковременным натяжением пружины регулятора напряжения. При этом должен появиться зарядный ток и без замыкания клемм *ВЗ* и *Ш*. Эту неисправность устраняют подрегулировкой регулятора.

В реле-регуляторе может произойти самопроизвольное срабатывание реле защиты, что видно при снятии крышки реле-регулятора. Эта неисправность может быть устранена незначительным повышением натяжения пружины реле защиты.

В реле-регуляторе может также произойти внутренний обрыв, который можно определить и устранить только в мастерской. Реле-регулятор необходимо снять и передать для ремонта в мастерскую.

Второй случай. При работе автомобиля на средней скорости стрелка амперметра колеблется, контрольная лампа мигает.

Это явление говорит о периодических нарушениях в цепи зарядного тока. Нарушение может быть вызвано ослаблением натяжения приводного ремня. В момент проскальзывания ремня скорость вращения ротора генератора уменьшается и отдаваемый во внешнюю цепь ток падает, что вызывает колебание стрелки амперметра. Ремень необходимо натянуть и генератор тщательно закрепить.

Плохой контакт между щетками и кольцами также приводит к колебаниям величины отдаваемого тока. Нарушение контакта между щетками и кольцами происходит за счет загрязнения контактных колец, повышенного износа щеток и уменьшения давления пружин на щетки. Через отверстие в основании щеткодержателя осматривают контактные кольца и очищают их от загрязнения тряпкой, смоченной в бензине.

Если длина оставшейся части щетки меньше 7 *мм*, то щетку заменяют. Давление пружин на щетки должно быть в пределах 180—300 *г*. При уменьшении давления контакт между щеткой и кольцами может периодически нарушаться.

Нарушение зарядки аккумуляторной батареи происходит также за счет сильного подгара контактов регулятора напряжения.

Третий случай. Стрелка амперметра длительное время показывает большой зарядный ток (более 10 *а*).

Этот признак указывает на то, что напряжение генератора, которое регулируется регулятором напряжения, превысило нормальное. В результате перезарядки электролит из аккумуляторной батареи выкипает и аккумуляторная батарея может придти в негодность.

Для определения неисправности необходимо проверить регулируемое напряжение при средней скорости вращения коленчатого вала двигателя. Если уровень регулируемого напряжения выше заданных пределов, то регулятор следует подрегулировать.

Может случиться, что при ослаблении натяжения пружины, регулируемое напряжение, не снижается, т. е. регулятор не поддается регулировке. Наиболее вероятной причиной такого явления является пробой транзистора, вследствие чего сопротивление перехода эмиттер — коллектор равно нулю.

Для проверки транзистора следует остановить двигатель, и при включенном выключателе зажигания присоединить вольтметр или лампочку напряжением 12 *в* между клеммами *Ш* и массой реле-регулятора и замкнуть контакты регулятора напряжения. При исправном транзисторе стрелка вольтметра должна упасть до нуля (лампочка погаснет).

Если же показания вольтметра при таком принудительном замыкании контактов не меняется (лампочка не гаснет), то это

означает, что транзистор пробит. Такой реле-регулятор снимают и сдают в мастерскую для замены транзистора.

Механические неисправности. К числу неисправностей генератора относится шум и стук в генераторе.

Характерный стук появляется при ослаблении крепления шкива и вентилятора на валу ротора.

Ослабление крепления шкива и вентилятора, приводящее к стуку и шуму, а в дальнейшем и к поломке вентилятора, является следствием неудовлетворительной первоначальной затяжки гайки, крепящей шкив на валу ротора. В процессе эксплуатации при пусках и остановках двигателя недостаточно затянутая гайка дает возможность некоторому перемещению шкива, за счет этого происходит выработка поверхности шкива под гайкой и ослабление крепления. Кроме этого, появляется выработка шпоночного паза в шкиве и вентиляторе.

Характерный стук в генераторе появляется также при задевании ротора за статор, причем статор сильно нагревается. Этот дефект может произойти за счет выработки стального кольца, залитого в крышку в гнезде для шарикового подшипника или иногда за счет выработки на валу посадочного места под шариковый подшипник.

В конечном счете, отмеченные износы и стуки приводят к перегреву шариковых подшипников, к вытеканию и асфальтированию их смазки и разрушению сепараторов шариковых подшипников.

При работе с загустевшей и высохшей смазкой также слышен скрежет и стук. Повышенный шум, сопровождаемый отдельными ударами, появляется при ослаблении крепления генератора на двигателе. Эта неисправность приводит к выработке посадочных мест и отверстий в ушках крышки генератора.

Все перечисленные неисправности, если их не устранять сразу, быстро прогрессируют и приводят к поломкам, которые трудно ремонтировать. Поэтому при первом появлении ненормального шума и стука нужно осмотреть генератор, подтянуть его крепление или, если это не помогает, снять генератор и направить его в мастерскую для ремонта.

§ 4. Ремонт генераторных установок

В случаях когда обнаруженные неисправности нельзя устранить на автомобиле, генераторы, выпрямительные устройства и реле-регуляторы сдают в мастерскую для ремонта. Ремонт в зависимости от характера и объема работ подразделяют на текущий и капитальный.

При текущем ремонте частично разбирают и заменяют мелкие детали, очищают наружную поверхность от пыли, грязи, масла, восстанавливают поврежденную изоляцию, испытывают и регулируют.

При капитальном ремонте предусматривается полная разборка изделий, замена основных деталей и узлов, перемотка катушек статора и ротора, восстановление отдельных деталей

Ремонт генератора начинают с его разборки.

Разборка генератора. Рассмотрим последовательность и особенности разработки некоторых типов генераторов.

Генераторы Г250-А1, Г270-А. Для того чтобы снять крышку со стороны контактных колец, необходимо генератор установить в тисках шкивом вниз (рис. 93).

Открытым ключом 9 × 11 и отверткой 8 *мм* отвернуть два винта крепления щеткодержателя и снять щеткодержатель.

Отверткой 6 *мм* отвернуть три винта крепления защитного колпачка подшипника со стороны контактных колец, снять три винта с пружинными шайбами и крышку подшипника. Отверткой 8 *мм* отвернуть четыре винта крепления крышек генератора.

Для снятия крышек применяют съемник с раздвижными лапами (рис. 94, *а*). Размеры съемника не указаны, так как они зависят от размеров генератора. Центральный винт съемника упирают в торец вала, а лапы подводят под торец крышки. Вращая центральный винт, снимают крышку вместе со статором.

Для того чтобы отделить крышку от статора, открытым ключом 9 × 11, необходимо отвернуть три гайки крепления фазных выводов обмотки статора к выпрямительному блоку ВБГ-1 и отделить статор от крышки.

При тугой посадке крышки на статор следует слегка ударить по крышке деревянным молотком.

Крышку со стороны привода в сборе с ротором закрепляют в тисках за ушко крышки и открытым ключом 17 × 19 отвертывают гайку крепления подшипника со стороны контактных колец, а ключом 22 × 24 — гайку крепления шкива.

Тем же съемником (см. рис. 94, *а*) снимают шкив, затем вентилятор и втулку. Выбивают бородком ∅ 2 *мм* шпонку из шпоночной канавки вала ротора.

Крышку со стороны привода снимают специальным съемником (рис. 94, *б*). Этот съемник предназначен только для генераторов Г250 и Г270. Центральный винт упирают в торец вала ротора, а боковые винты ввертывают в резьбовые отверстия на торце крышки. Ввертывая центральный винт в планку съемника, снимают крышку с вала ротора.

Разборку крышки со стороны контактных колец выполняют лишь при необходимости замены выпрямительного устройства, контактного болта и его изоляции.

Открытым ключом 9 × 11 отвертывают гайку крепления выводного болта «+», снимают пружинную и плоскую шайбы и изоляционную втулку.

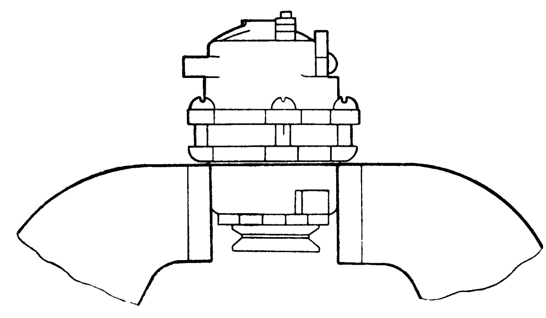


Рис. 93. Закрепление генератора Г250-А1 во время разборки

Отверткой 8 *мм* вывертывают винт крепления выпрямительного блока и снимают его.

При помощи съемника (см. рис. 94, *а*) снимают подшипник с вала ротора, для чего ротор устанавливают на специальную подставку.

Собирают генератор в обратном порядке.

Генератор Г221. Отвертывают специальный

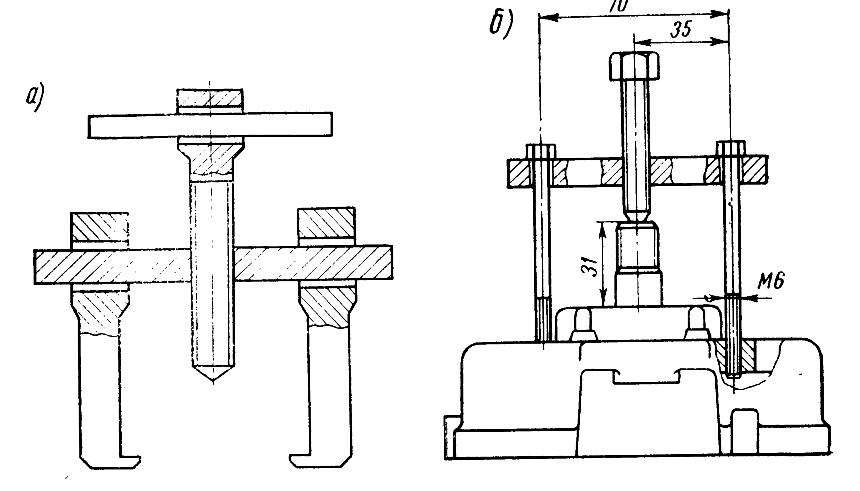


Рис. 94. Раздвижной съемник:
а — для крышки со стороны контактных колец и шкива; *б* — для крышки со стороны привода

винт, крепящий щеткодержатель к крышке со стороны контактных колец. Снимают щеткодержатель.

Отвертывают четыре гайки стяжных шпилек и вынимают их из генератора. Отвертывают гайку, крепящую шкив, снимают упорную конусную шайбу. При помощи съемника снимают шкив. Затем снимают крышку со стороны контактных колец вместе со статором. Отвертывают три гайки крепления фазных выводов обмотки статора к выпрямителям.

Из колодки штекерного разъема вынимают наконечник нулевого вывода и отсоединяют статор от крышки со стороны контактных колец. Выбивают сегментную шпонку из шпоночного паза ротора и снимают крышку со стороны привода с подшипником с вала ротора.

Шариковый подшипник крышки со стороны контактных колец снимают с вала ротора при помощи съемника.

Генератор Г280. Отвертывают три винта защитной скобы щеткодержателя и снимают скобу. Отвертывают винты крепления щеткодержателя и вынимают его из отверстия в крышке. Отвертывают винт крепления полумуфты гидроусилителя рулевого управления и снимают полумуфту. Вывертывают три стяжные шпильки. Снимают крышку со стороны контактных колец вместе со статором при помощи съемника. Отвертывают гайки крепления фазных выводов статора и отделяют статор от крышки со стороны контактных колец. Отвертывают гайку крепления шкива, снимают пружинную и плоскую шайбы.

Снимают съемником шкив, затем вентилятор и опорную втулку и выбивают шпонку из шпоночного паза. Кладут крышку со стороны контактных колец на верстак и оправкой выбивают подшипник.

Отвертывают винты крепления подшипника в крышке со стороны привода, кладут крышку на верстак и выбивают оправкой подшипник.

Генераторы Г290, Г290-Б. При помощи отвертки 6 *мм* отвертывают два стяжных винта защитной ленты и снимают ее с экрана. Отвертывают винты крепления экрана к крышке. Осторожно отделяют экран от крышки. Отвертывают винт, крепящий наконечник вывода *Ш* к щеткодержателю и гайки крепления наконечников выводов $Л_1$ и $Л_2$ к фазным радиаторам. Снимают экран с крышки.

Открытым ключом 9 × 11 и отверткой 8 *мм* отвертывают два винта крепления щеткодержателя и вынимают его из гнезда в крышке. Открытым клю-

чом отвертывают болт, крепящий выводы диодов к основанию щеткодержателя к крышке, и снимают его.

Отверткой отгибают выступ стопорной шайбы и открытым ключом 34 × 36 отвертывают гайку на валу со стороны контактных колец.

Отсоединяют фазные выводы обмотки статора и выводы диодов от теплоотвода. Снимают крышку съемником вместе с подшипником и с сальниковым уплотнением и упорной втулкой. Для этого винт съемника устанавливают в торец вала, а лапы подводят под крышку в место приливов под стяжные болты. Осторожно, постукивая по крышке деревянным молотком, отделяют крышку от статора.

Открытым ключом 22 × 24 отвертывают гайку, крепящую шкив или фланец. Снимают шкив или фланец, вентилятор и втулку. При необходимости шкив или фланец снимают съемником. Выбивают шпонку из шпоночного паза вала.

При помощи винтового пресса и подставки или съемником выпрессовывают вал ротора из подшипника со стороны привода.

Для того чтобы вынуть подшипник из крышки, отвертывают винты крепления сальниковых устройств. Крышку кладут на верстак и специальной оправкой выпрессовывают подшипник.

При сборке генераторов необходимо соблюдать соосность отверстий в крышках для стяжных шпилек. Для этого следует пользоваться стержнем соответствующего диаметра. Стержень должен свободно проходить через оба отверстия в крышках. Диаметр стержня должен быть на 0,2 *мм* меньше отверстий в крышке.

Генератор Г501. Свертывают гайки с вала со стороны контактных колец и со стороны привода и снимают две втулки. Отвертывают шесть гаек на выводах генератора, снимают пружинные и плоские шайбы. Снимают щеткодержатели с щетками, предварительно отвернув винты крепления. Вывертывают четыре стяжные шпильки. При помощи съемника выпрессовывают крышку с подшипником со стороны контактных колец с вала ротора. Отвертывают винты крепления шайб подшипника со стороны контактных колец.

Устанавливают крышку на подставку и выбивают при помощи оправки подшипник из крышки. Снимают изоляционные втулки с выводных болтов. Снимают статор. При помощи съемника выпрессовывают крышку с подшипником со стороны привода с вала.

Собирают генератор в обратном порядке.

Генераторы Г253, Р285. Отверткой 6—8 *мм* отвертывают три винта, крепящих защитный колпачок подшипника со стороны контактных колец. Вынимают винты, пружинные шайбы и снимают колпачок. Зажимают генератор в тисках за шкив и отвертывают открытым ключом гайку, крепящую подшипник. Отвертывают два винта, крепящие массовый и изолированный щеткодержатели к крышке. Вынимают щеткодержатели со щетками. Отвертывают два винта, крепящие панель выводных болтов к крышке.

Открытым ключом 10 × 12 отвертывают три стяжные шпильки и снимают крышку со стороны контактных колец. Снимают статор.

Открытым ключом 22 × 24 отвертывают гайку, крепящую шкив. Снимают шкив, вентилятор и выбивают шпонку из шпоночного паза. Съемником или на винтовом прессе выпрессовывают вал ротора из подшипника крышки со стороны привода. Отвертывают три винта, крепящие крышку подшипника, и оправкой выбивают его. Подшипник со стороны контактных колец снимают с вала съемником.

Собирают генератор в порядке, обратном разборке.

Перед установкой шарикового подшипника со стороны контактных колец на вал надевают металлическую маслоотбойную шайбу и картонную прокладку.

Шарикоподшипники ставят закрытой стороной во внутрь генератора.

Генератор Г285, имеющий подшипники с двусторонним уплотнением и пылезащитную полость щеткодержателя, разбирают и собирают аналогично генератору Г253.

Генератор Г2-Б. Отверткой 6 *мм* отвертывают винты крепления щеткодержателя и вынимают щеткодержатели со щетками. Отвертывают три винта крепления основания щеткодержателей и снимают его. Отвертывают стяжные шпильки и два винта, крепящие панель выводных болтов к крышке генератора.

Снимают пружинное кольцо с вала со стороны контактных колец. При помощи съемника снимают крышку с подшипником с вала. Отвертывают винты сальникового устройства. Снимают две шайбы, фетровое кольцо и втулку в передней части крышки. Положив крышку на верстак, при помощи оправки выбивают подшипник.

Снимают статор с панелью выводных болтов. Отвертывают гайку крепления шкива, снимают шкив, вентилятор, выбивают шпонку из шпоночного паза. Съемником или на винтовом прессе выпрессовывают подшипник с вала в крышке со стороны привода. Вывертывают винты, крепящие сальниковое устройство, специальной оправкой выбивают шариковый подшипник.

Ремонт статора. Наиболее часто встречаются витковое замыкание и замыкание на массу обмотки статора.

Обычно изоляция нарушается у одной или нескольких катушек.

У всех типов генераторов, кроме Г261, Г290, Г256, можно легко заменить пришедшую в негодность катушку.

Катушку с поврежденной изоляцией вынимают из пазов статора, предварительно выбив текстолитовые клинья. Новую катушку наматывают на специальном приспособлении (рис. 95).

Приспособление состоит из стержня *1*, на который надеваются оправка *2* и щека *3*, стягиваемые гайкой. Стержень закрепляют на токарном станке. Намотку выполняют с небольшим (2—3 *кГ*) натягом провода.

После намотки катушку генератора Г2-Б оплетают тафтяной лентой. Перед оплеткой на начало и конец катушки надевают линоксиновые или полихлорвиниловые трубки.

При последовательном соединении катушек в фазе осуществляют намотку сразу нескольких катушек одним проводом на приспособлении (рис. 96). Приспособление состоит из стержня *1*, на который последовательно надеваются крайняя оправка *2*, пять средних оправок *3* и щека *4*. Оправки на стержне закрепляются гайкой *5*. На этом приспособлении можно намотать сразу все шесть катушек фазы, а также одну или несколько катушек.

Катушки генераторов Г250, Г270, Г280, Г2-Б и Г285 не изолируют хлопчатобумажной тафтяной лентой. Для того чтобы катушки не рассыпались при снятии с оправок, их

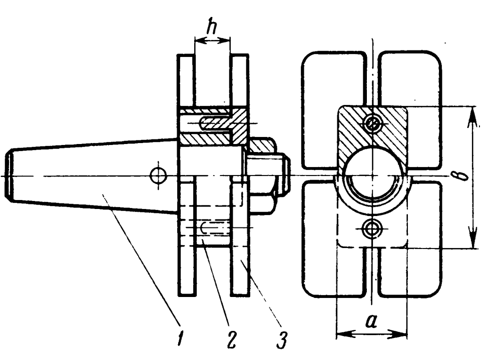


Рис. 95. Приспособление для намотки катушки статора

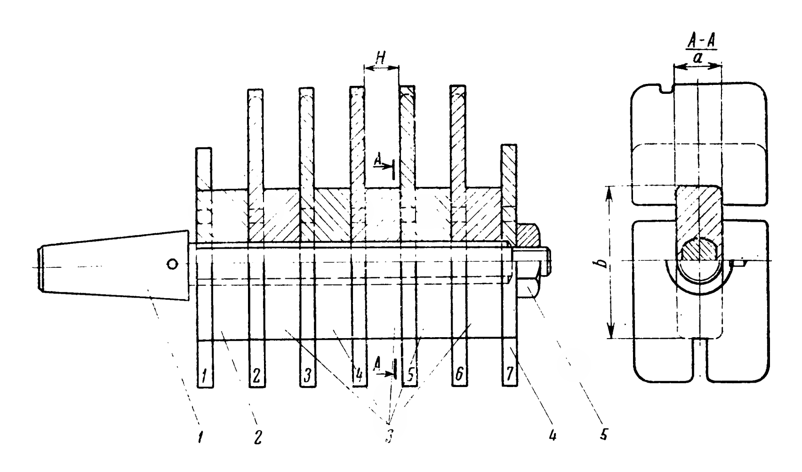


Рис. 96. Приспособление для намотки нескольких катушек статора одним проводом

необходимо перевязать в двух-трех местах суровой или кордной ниткой.

Перед установкой катушек в пазы статора необходимо в паз уложить изоляцию из электротехнического картона марки ЭВ или ЭВС. В пазах статора катушки закрепляют текстолитовыми клиньями.

У генератора Г2-Б катушки каждой фазы соединены параллельно следующим образом.

На каждый зубец статора надевают по одной катушке; таким образом всего на статоре размещается 18 катушек. При этом начала катушек (изолированные выводы) должны выходить на одну сторону, а концы катушек (выводы без изоляции) — по другую сторону пакета статора. После укладки катушек в пазы забивают текстолитовые клинья и соединяют катушки следующим образом (рис. 97).

Первая фаза. К концу вывода 18-й катушки прикрепляют медный провод *1* ∅ 2÷2,2 *мм* длиной 405 *мм*. Место скрутки пропаивают и изолируют трубкой ∅ 3 *мм* длиной 90 *мм*. Затем к этому проводу присоединяют и припаивают концы *3, 6, 9, 12, 15* катушек, т. е. через три катушки. Между скрутками надевают линоксиновые трубки. К концу 15-й катушки присоединяют вывод с контактным болтом.

Вторая фаза. К концу 1-й катушки прикрепляют конец медного провода *2* длиной 385 *мм* и к нему последовательно присоединяют концы катушек *4, 7, 10, 13, 16;* изоляционные трубки надевают так, чтобы места скруток и пайки были скрыты под трубками. К концу 16-й катушки присоединяют вывод с контактным болтом.

Третья фаза. К концу 14-й катушки прикрепляют медный провод *3* длиной 385 *мм* и к нему последовательно присоединя-

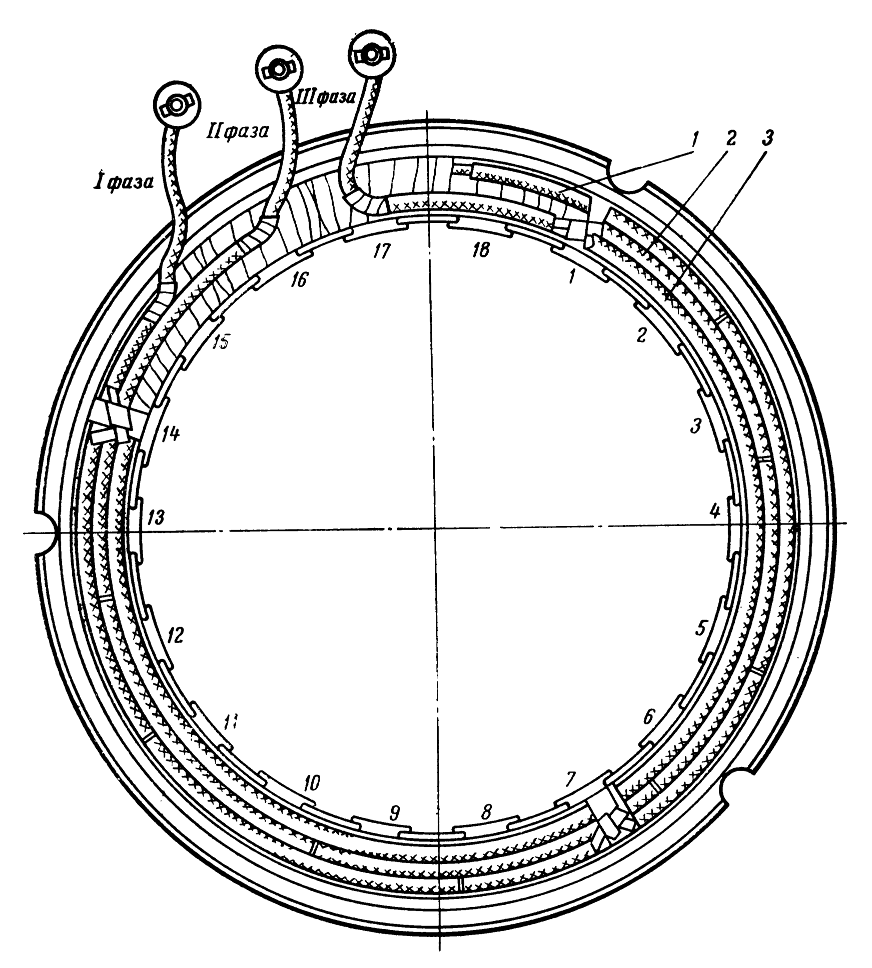


Рис. 97. Укладка катушек статора генератора Г2-Б

ют концы катушек *11, 8, 5, 2, 17*. Места скруток изолируют изоляционными трубками. К концу 17-й катушки прикрепляют вывод с контактным болтом. Места паек катушек с выводами контактных болтов изолируют хлопчатобумажной тафтяной лентой. Начала трех соседних катушек с противоположной стороны статора соединяют вместе и пропаивают. Место соединения изолируют тафтяной лентой.

Укладку катушек фаз генераторов Г250-А1, Г270-А, Г253, Г280, Г501, соединенных последовательно, производят следующим образом.

Первую катушку первой фазы надевают на условно принятый за первый зубец статора, вторую катушку надевают через

два зубца на третий и так далее (рис. 98). Таким же образом располагают катушки второй и третьей фаз.

Можно намотать катушки фазных обмоток и непосредственно на зубцы, предварительно изолированные электрокартоном.

У генератора Г250 каждая катушка состоит из 13 витков, намотанных в три слоя. Два слоя имеют по пять витков, верхний слой — три витка.

Концы выводов фазы обрезают по указанному размеру и зачищают от эмали на длину 6—8 *мм*.

Зачищенные концы начала фаз необходимо скрутить и пропаять припоем ПОС40; на место скрутки следует надеть хлорвиниловую трубку ∅ 4 *мм*. На зачищенные концы фаз статора надевают хлорвиниловые трубки ∅ 2,5 *мм* и напаивают наконечники (рис. 99, *а*).

У генераторов Г253 и Г285 к концу фаз прикрепляют выводные концы с клеммовым болтом; место скрутки проводов пропаивают припоем ПОС40. После этого выводы собирают на общей панели (рис. 99, *б*).

Статор подвергают пропитке лаком ГФ95. Пропитку проводят для обеспечения влагостойкости и теплостойкости изоляции катушек и скрепления витков между собой.

Статоры пропитывают, погружая их в лак на 1—2 *мин* таким образом, чтобы на контактные болты лак не попал. После

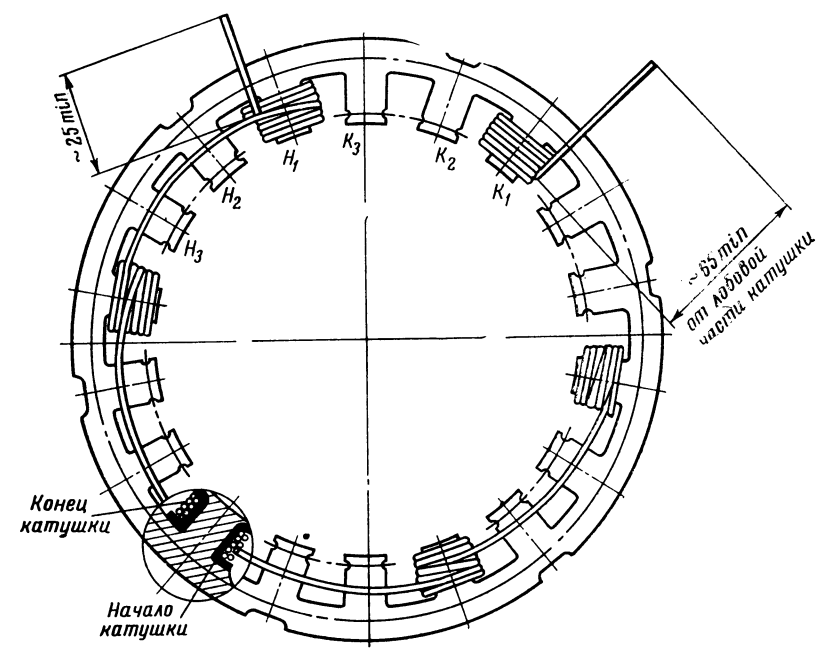


Рис. 98. Укладка катушек статора генератора Г250-А1

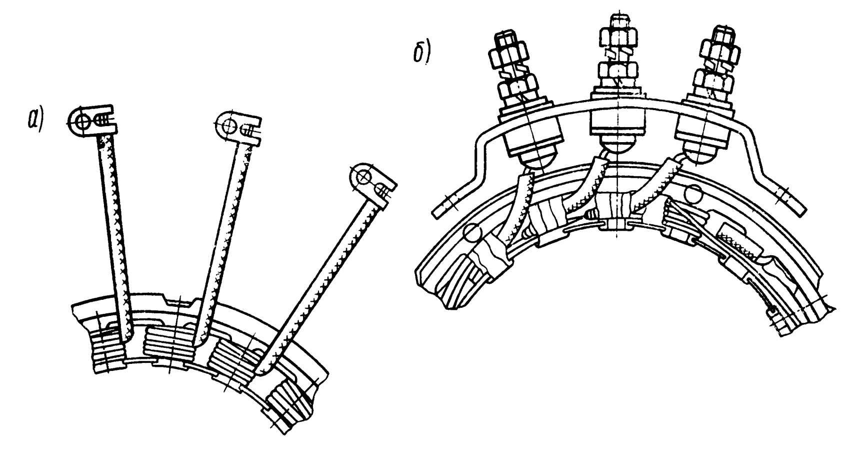


Рис. 99. Расположение фазных выводов:
а — генераторов Г250-А1 и Г270-А; *б* — генераторов Г253 и Г285

пропитки статоры выдерживают на воздухе 15÷20 *мин* и протирают посадочные места тряпкой, смоченной в бензине и отжатой.

Статоры сушат в сушильном шкафу при температуре 100—120°С в течение 4 *ч*. После пропитки и сушки статор необходимо осмотреть. На внутренней поверхности пакета статора не должно быть больших наплывов лака. Большие наплывы лака могут привести к задеванию ротора за статор и поэтому их необходимо удалить.

Ремонт ротора. При ремонте ротора заменяют обмотку возбуждения, протачивают или меняют контактные кольца, устраняют выработку на валу под посадочные места шариковых подшипников.

Роторы генераторов переменного тока по своей конструкции разделяют на две группы: с креплением полюсов и втулки на валу при помощи запрессовки на накатку или с креплением при помощи шпонок и гайки.

К первой группе относят генераторы Г250, Г270, Г501, ко второй — генераторы Г253, Г2-Б, Г285, Г256, Г261, Г290.

При длительной эксплуатации генераторов за счет попадания на контактные кольца пыли, грязи, масла последние изнашиваются. На кольцах появляется выработка, которая в свою очередь приводит к быстрому и неравномерному износу щеток.

Проточку контактных колец выполняют на токарном станке. С одной стороны ротор зажимают цангой, с другой поддерживают центром. Проточку ведут до выведения черноты, но не более чем на 1 *мм* по диаметру (см. табл. 16). После проточки колец биение диаметров проточенных поверхностей относительно цапф вала должно быть не более 0,1 *мм* для всех типов роторов.

Таблица 16

Диаметры контактных колец генераторов

Тип генератора	Г250, Г270, Г280	Г290, Г290-Б, Г263, Г256, Г2-Б	Г221	Г501, Г502-А	Г253, Г285
Диаметр кольца по чертежу, *мм*	$31^{-0,34}$	$24,5^{-0,28}$	$32,8^{-0,1}$	$30^{-0,14}$	$26^{-0,28}$
Диаметр кольца минимальный после ремонтной проточки, *мм*	29,66	23,22	31,7	28,86	24,72

Для получения требуемой чистоты поверхности ▽7 контактные кольца полируют стеклянной шкуркой, не снимая ротора со станка.

Сильно изношенные контактные кольца, более чем на 1 *мм*, следует заменять. Для этой цели концы обмотки возбуждения отпаивают от колец и кольца спрессовывают с вала.

У генераторов Г250, Г270, Г2-Б, Г261 кольца снимают последовательно один за другим, а у генераторов Г501, Г253 и Г285 снимают сразу оба кольца, так как они имеют общее пластмассовое основание.

Новые кольца напрессовывают на вал при помощи оправки на ручном прессе, после чего их протачивают и отполировывают. Выводы обмотки возбуждения припаивают к кольцам припоем ПОС40.

Если в автотранспортных предприятиях нет новых контактных колец, то их изготавливают собственными силами. В этом случае контактные кольца после отпайки выводов протачивают до удаления черноты. Затем изготовляют медные кольца с внутренним размером, соответствующим диаметру проточенных колец и с наружным размером, согласно табл. 19. Изготовленные таким образом кольца закрепляют на посадочных местах при помощи клея БФ-2. После сушки и припайки выводов поверхность колец только слегка полируют, но не протачивают (во избежание срыва и проворачивания наклеенных колец).

Обмотки возбуждения генераторов всех типов наматывают непосредственно на втулку.

Приспособление для намотки (рис. 100) состоит из стержня *1*, втулки *3* и щек *2* и *4*. Размер *H* должен быть меньше, чем длина втулки, на толщину картонных шайб, приклеиваемых к катушке после намотки. Число витков, марка провода и сопротивление обмотки возбуждения для каждого типа генератора даны в табл. 3.

Перед намоткой втулку по диаметру смазывают клеем и плотно обертывают кабельной бумагой. На вывод начала катушки надевают линоксиновый или полихлорвиниловый чулок,

надрезанный на длине 7÷10 *мм* от края. Надрезанную часть чулка укладывают вдоль втулки, после чего проводят намотку. Катушку мотают плотно, виток к витку. Между отдельными рядами прокладывают конденсаторную бумагу. На вывод конца обмотки надевают чулок и закрепляют его при бандажировке.

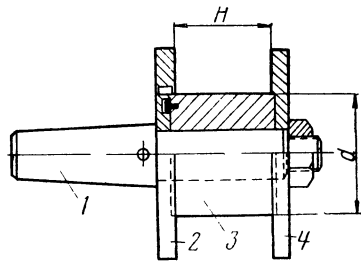


Рис. 100. Приспособление для намотки обмотки возбуждения

Катушку бандажируют крепированной бумагой или при ее отсутствии — хлопчатобумажной лентой.

Для сборки ротора делают подставку к винтовому прессу, по размерам ротора.

Вал ротора устанавливают в подставку, запрессовывают шпонку и надевают половину полюсов ротора. Затем устанавливают катушку возбуждения таким образом, чтобы отверстие во втулке совпадало с головкой установочной шпильки на имеющейся половине полюсов ротора. После этого запрессовывают вторую шпонку, устанавливают вторую половину полюсов ротора и затягивают гайку, которую кернят в трех местах.

Для закрепления контактных колец, ротор устанавливают вверх тем концом вала, который имеет насечку. На конец вала напрессовывают шайбу до упора. Выводы обмотки возбуждения предварительно вставляют в отверстия шайбы. У контактного кольца защищают места под пайку и лудят. Собирают контактное кольцо с пластиной изогнутым концом в сторону ротора и напрессовывают на вал так, чтобы шлиц в кольце совпал с канавкой валика.

Для того чтобы изолировать контактную пластину от вала, между пластиной и валом вставляют деревянный клин. Один конец контактной пластины припаивают к контактному кольцу, другой — к выводу обмотки возбуждения. Второй конец обмотки возбуждения припаивают ко второму контактному кольцу.

При сборке ротора генератора Г2-Б (рис. 101) в вал *1* запрессовывают шпонку *2* и правую половину ротора *3*. Затем надевают втулку *4* с обмоткой так, чтобы отверстие во втулке совпало с головкой фиксирующей шпильки, укладывают выводы *6* обмотки возбуждения в паз вала и запрессовывают деревянный клин.

Вторую шпонку *5* запрессовывают в вал и устанавливают левую половину ротора *8*. Гайку *7* затягивают до отказа и кернят в трех местах. У контактных колец зачищают места под пайку. Последовательно напрессовывают контактные кольца *I*, *II* и *III*. Концы обмотки возбуждения припаивают к контактным кольцам.

Рис. 101. Сборка ротора генератора Г2-Б

Сборку ротора генераторов Г261, Г256, Г290 (рис. 102) необходимо начинать с установки шпонки *1* в вал ротора *2*. Затем устанавливают вал в подставку концом со стороны контактных колец вниз и напрессовывают до упора левую половину полюсов *3* ротора.

Втулку *4* с обмоткой возбуждения устанавливают на вал таким образом, чтобы фиксирующая шпилька *5* на втулке вошла в отверстие на левой половине ротора. При этом вывод от обмотки возбуждения укладывают в канавку на валу ротора в сторону контактных колец. После этого устанавливают вторую шпонку *6* под правую половину полюсов *7* ротора и напрессовывают последнюю на вал. При этом расстояние между противолежащими полюсами левой и правой половинок ротора должно быть не менее 3,5 *мм*.

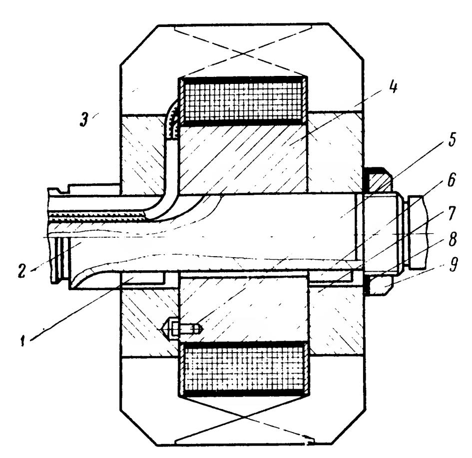


Рис. 102. Сборка ротора генератора Г290

На вал ротора надевают стопорную шайбу *8* и затягивают гайку *9*. Один из выступов стопорной шайбы загибают на грань гайки. Для удержания выводов обмотки возбуждения в пазу вала в паз забивают деревянный клин. На шейку вала со стороны привода устанавливают разрезное кольцо.

Контактные кольца на вал устанавливают следующим образом. Первое кольцо напрессовывают на вал так, чтобы выступ на кольце находился против канавки на валу. Конец вывода обмотки возбуждения соединяют с выступом кольца и припаивают припоем ПОС40. Второе кольцо напрессовывают на вал и соединяют со вторым выводом обмотки таким же образом.

Роторы пропитывают лаком ГФ95. Для этого ротор устанавливают вертикально в ванну с лаком контактными кольцами вниз. Пропитку производят в течение 15 *мин.* По окончании пропитки и выдержки на воздухе в течение 10—15 *мин* протирают резьбу, посадочные места под шариковые подшипники на валу и контактные кольца. Протирку производят тряпкой, смоченной бензином и отжатой.

Для сушки ротор устанавливают вертикально контактными кольцами вниз в сушильный шкаф. Сушку выполняют при температуре 100—120°С в течение 4—6 *ч*.

На высушенном роторе не должно быть лака на посадочных местах вала и больших наплывов по наружной поверхности полюсов. У готового ротора необходимо проверить напряжением 550 или 220 *в* электрическую прочность изоляции контактных колец и обмотки возбуждения по отношению к валу, а также сопротивление обмотки возбуждения.

Ремонт крышек. Несмотря на то, что посадочные места под шариковые подшипники в крышках генераторов армированы стальными или чугунными кольцами, имеют место случаи выработки посадочных мест.

В мастерских посадочное место под шариковые подшипники растачивают на 1,5÷2,0 *мм* и с одного торца делают выточку 1,5—2 *мм.* Затем по месту вытачивают втулку с буртиком и запрессовывают эту втулку в крышку.

Если износ невелик, то делают точечную наплавку металла электросваркой по всему периметру посадочного места или кернение с последующей шлифовкой до требуемого размера. Практикой установлено, что после подобного ремонта генераторы еще работают длительное время. При ослаблении крепления генератора на кронштейне двигателя от повышенной вибрации появляется выработка в отверстиях ушков крышек. Для устранения этого выпрессовывают изношенную стальную втулку и запрессовывают новую, изготовленную из стали любой марки.

В крышках, где нет стальных втулок и износ отверстия появился, следует расточить отверстие до выведения выработки, изготовить по месту стальную втулку и запрессовать ее.

Ремонт вала. В эксплуатации происходит выработка шеек вала ротора под шариковые подшипники.

Наиболее распространенным способом ремонта является наплавление металла на место выработки при помощи сварки с последующей проточкой. Шлифовку, как правило, не делают.

Иногда протачивают изношенную шейку до устранения выработки и напрессовывают на вал стальную втулку, диаметр которой доводят до размера, указанного на чертеже.

Ремонт шкива. При плохой затяжке гайки, крепящей шкив на валу, происходит выработка отверстия и шпоночной канавки в ступице шкива. Ввиду того, что конфигурация шкива очень проста, в некоторых мастерских шкивы изготавливают из алюминиевых сплавов, а изношенные не ремонтируют.

Иногда растачивают отверстие в шкиве до устранения выработки и запрессовывают в отверстие шкива новую втулку. Торцы втулки приваривают к ступице и зачищают.

Ремонт щеток. При попадании топлива, пыли и песка на щеточный узел происходит интенсивный износ щеток. При отсутствии новых щетки изготавливают из щеток марки М1. Для этого необходимо выпилить щетку по размерам износившейся, припаять медный канатик, надеть пружину и припаять наконечник.

Изготовленные таким образом щетки работают по 50 000÷70 000 *км* пробега автомобиля.

Закладка смазки в подшипники. Перед закладкой свежей смазки шариковые подшипники промывают в чистом бензине. Наличие частиц песка и металлической пыли в промывочном бензине и смазке недопустимо.

В шариковые подшипники закладывают смазку 158.МРТУ 12Н № 139—64 (синего цвета), заполняя $^2/_3$ объема полости между шариками. Обильная смазка пользы не приносит. Избыток смазки попадает на внутреннюю полость генератора, на контактные кольца и щетки и вызывает тем самым интенсивный износ щеток и колец, а иногда и разрыв цепи возбуждения.

Совершенно недопустимо класть смазку в полость, в которой установлены закрытые подшипники с заложенной смазкой. Закрытые подшипники в генераторах Г250, Г270 имеют одноразовую смазку, заложенную при их изготовлении, и добавления смазки не требуют. Смазка, заложенная в полость установки закрытого подшипника, попадает на контактные кольца и щетки, что приводит к отказу в работе генератора.

Ремонт выпрямительного устройства. Селеновые выпрямители ремонтируют, заменяя их годными.

Величину обратного тока в каждом плече выпрямителя определяют по схеме, изображенной на рис. 103, *а*. При напряжении аккумуляторной батареи 12 *в* сила обратного тока на каждом плече исправного вентиля не должна превышать 2 *а*.

Кроме этого, исправность вентилей проверяется измерением падения напряжения на зажимах каждого плеча выпрямительного устройства по схеме, приведенной на рис. 103, *б*. Поочередно в каждом плече реостатом устанавливают определенную силу тока и замеряют величину падения напряжения, которое

должно быть не более 2 *в* при силе тока 15 *а* — для выпрямителей РС300 и РС300А, 40 *а* — для РС29 и 10 *а* — для РС310.

Кремниевые вентили типа Д242, Д242-АП, ВКДЧ-25, ВА20 ремонту не подлежат. При отказе в работе одного из вентилей его заменяют, удаляя неисправный вентиль. При этом необходимо соблюдать следующие предосторожности. При пайке монтажных проводов нельзя перегревать корпус вентиля выше 150°С, поэтому пайку следует вести быстро, время пайки не должно быть более 5 *сек*.

Крепление вентиля типа Д242-А, Д242-АП на панели и на крышке должно осуществляться аккуратно, так как при перетяжке можно легко сорвать резьбу.

При монтаже запрещается прилагать к наконечнику вентиля усилие, превышающее 1 *кГ*, так как это может привести к нарушению прочности стеклянного изолятора.

В случае выпрямительного устройства, выполненного в виде блока ВБГ-1, при отказе в работе вентиля в этом блоке необходимо заменить секцию, состоящую из двух вентилей.

До и после пайки вентилей исправность их определяют по схеме, изображенной на рис. 104. Вентиль исправен, если лампочка горит при соединении «+» источника с «+» вентиля. Если вентиль пробит, то лампочка горит в обоих положениях переключателя. При обрыве вентиля лампочка не горит ни в одном положении переключателя. Напряжением от сети переменного тока вентили проверять нельзя. Ни при каких условиях, даже кратковременно, напряжение на вентиле не должно превышать установленного для него предельно допустимого значения.

При необходимости замены вентиля следует обратить внимание на его маркировку и направление стрелки на корпусе. Вентили Д242-А, укрепленные на панели, изолированной от корпуса генератора, имеют «+» на резьбовой части и стрелку, направленную к ней. Вентили Д242-АП, укрепленные непосред-

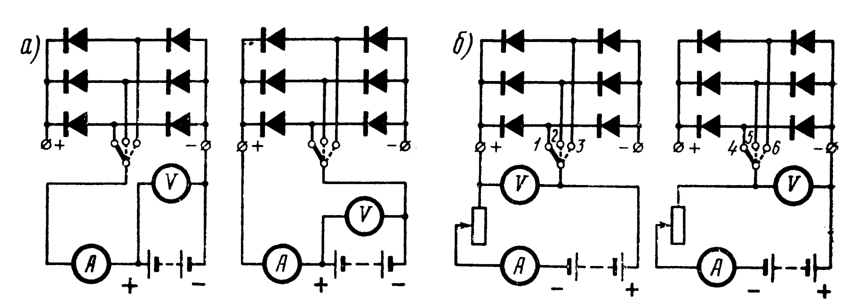


Рис. 103. Схема включения приборов для проверки выпрямительного устройства:
а — при определении обратного тока в отдельных плечах; *б* — при определении падения напряжения в отдельных плечах

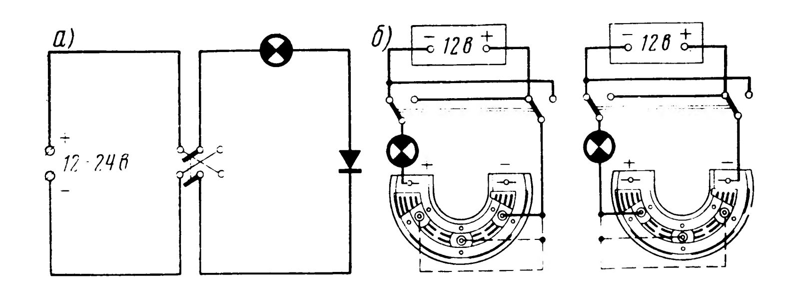


Рис. 104. Схема определения исправности кремниевых вентилей:
а — проверка отдельного вентиля; *б* — проверка вентилей в блоке

ственно на крышке, имеют «—» на резьбовой части и стрелку, направленную в сторону лепесткового вывода.

Монтаж вентилей типа ВКДЧ-25 и ВА20 заключается в запрессовке их в теплоотводы, в качестве которых служат крышки генераторов или специальные охладители. Пуансон для запрессовки должен иметь диаметр на 0,2÷0,3 *мм* больше диаметра фланца изолятора. Усилие при запрессовке должно прикладываться плавно и не превышать 500 *кГ*.

Ремонт реле-регуляторов. Ремонт заключается в замене перегоревших сопротивлений, обмоток, замене поврежденных проводов и изоляционных прокладок.

Исправность сопротивлений и обмоток определяют при помощи омметра. Если величина сопротивления отличается от указанной (см. табл. 12), то сопротивление или обмотку следует заменить. Обрывы обмоток, особенно в местах пайки, можно обнаружить омметром или при помощи контрольной лампы. Сопротивление обмоток необходимо проверять отдельно от добавочных сопротивлений, для чего на период проверки, выводные концы обмоток необходимо отключать от зажимов.

При отказе в работе транзистора его также заменяют. Исправность транзисторов определяют при помощи омметра. На охладителе реле-регулятора выводы транзистора обозначены *К, Э, Б* (коллектор, эмиттер, база). Вывод коллектора электрически соединен с корпусом транзистора. Если при замере сопротивление между двумя любыми выводами больше нуля, но не более 500 *ком,* транзистор исправен. Если сопротивление между двумя любыми выводами равно нулю или бесконечности, транзистор не исправен.

ЛИТЕРАТУРА

Богословский А. С. Силовые полупроводниковые выпрямители. М., Воениздат, 1965.

Вайсбурд Ф. И. Полупроводниковые приборы. М., «Связь», 1966.

Галкин Ю. М. Электрооборудование автомобилей и тракторов. М., «Машиностроение», 1968.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Виктор Иосифович Василевский,
Юрий Александрович Купеев

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

Редактор Ю. М. Галкин
Редактор издательства С. И. Белоцерковская
Технические редакторы: Н. М. Панина, Г. П. Головкина
Корректоры И. Р. Бурт-Яшина, В. Н. Капусткина

Сдано в набор 5/IV 1971 г. Подписано в печать 26/VII 1971 г.
Формат бумаги 60×90 1/16 Тип. № 2 Печ. л. 9,5 Уч.-издат. л. 10,40
Тираж 25.000 Т—12411 Цена 53 коп. Издат. № 1-3-1-/14 № 1341
Издательство «Транспорт», Москва, Басманный туп., 6а

Московская типография № 19 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР,
наб. Мориса Тореза, 34. Зак. 397а